Manual

La Construcción de Viviendas en Madera

Capítulo I



Unidad 1

LA MADERA



Unidad 1

UNIDAD 1

LA MADERA



1.1 INTRODUCCIÓN

La madera proviene de los árboles. Este es el hecho más importante a tener presente para entender su naturaleza. El origen de las cualidades o defectos que posee pueden determinarse a partir del árbol de donde proviene. La madera tiene una compleja estructura natural, diseñada para servir a las necesidades funcionales de un árbol en vida, más que ser un material diseñado para satisfacer necesidades de carpinteros.



Figura 1 - 1: Rodela de Secuoya de dos mil años. Se encuentra en Forintek, Vancouver, British Columbia, Canadá.

El conocimiento sobre la naturaleza de la madera, características y comportamiento, es necesario para establecer y efectuar un buen uso de este material.

En este aspecto radica la importancia de que exista información adecuada y estructurada a los actuales requerimientos, ya que permite a los profesionales que intervienen en el diseño, cálculo y ejecución de construcciones en madera, realizar una acertada gestión y correcta utilización del material, con el objeto de cumplir altos estándares de calidad y bienestar, a precios convenientes en el mercado de la vivienda.

La madera es históricamente uno de los materiales más utilizados por el hombre. Actualmente, en la mayoría de los países desarrollados su uso como material estructural alcanza a más del 90% de la construcción habitacional de 1 a 4 pisos.



Figura 1 - 2: Edificio de departamentos multifamiliar de cuatro pisos estructurado en madera en 1998, Calgary, Alberta, Canadá.

1.2 EL RECURSO FORESTAL

En Chile el bosque que se da en forma natural lo hace en zonas templadas y frías, a diferencia de otros lugares en el mundo, donde predominan selvas lluviosas tropicales.



Figura 1 - 3: Plantaciones de Pino radiata.

Sin embargo, en Chile se han introducido variadas especies forestales, entre las cuales destacan los cultivos de Pino radiata y eucalipto. Estas especies fueron traídas desde Estados Unidos y Australia, respectivamente, y en la actualidad constituyen la base del desarrollo forestal nacional.

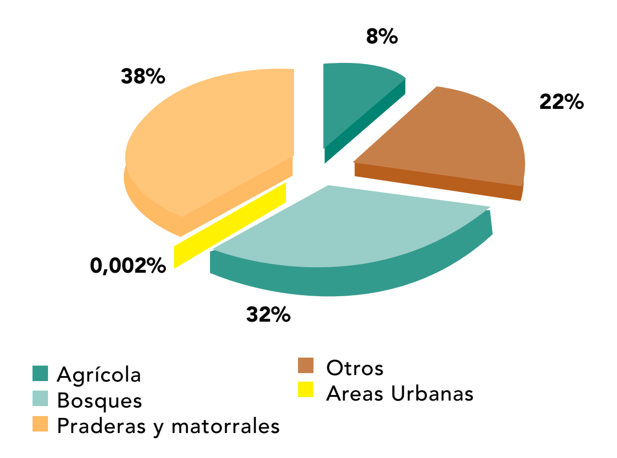


Gráfico 1-1: Distribución de los suelos en Chile.

La plantación de estas especies ha significado la recuperación de 1,9 millones de hectáreas de suelos no aptos para la agricultura, descubiertos y erosionados, siendo el Pino radiata el que ocupa el 90% de los cultivos (Fuente: INFOR).

La superficie total de bosques en Chile abarca 15,6 millones de hectáreas. Esta cifra corresponde al 21% de la superficie total del país (Fuente: INFOR).

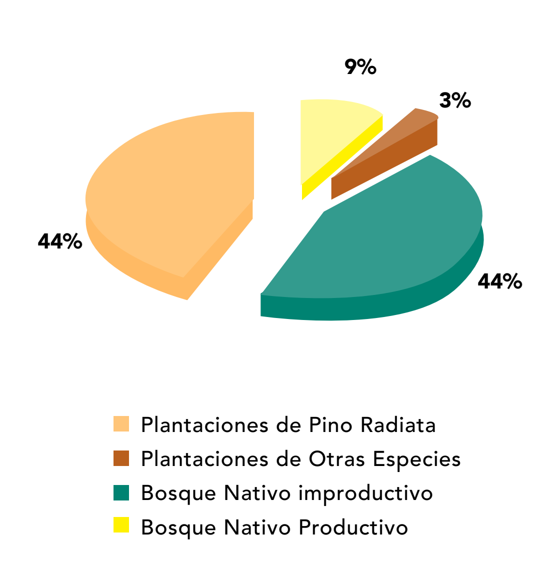


Gráfico 1 - 2: Distribución de la superficie boscosa de Chile.

El Pino radiata ocupa un 9% de la superficie total de bosques en Chile.

Por otra parte, en el país se producen 21,5 millones de metros cúbicos de madera en trozas. El Pino radiata constituye la principal especie utilizada, con 77% del total producido.

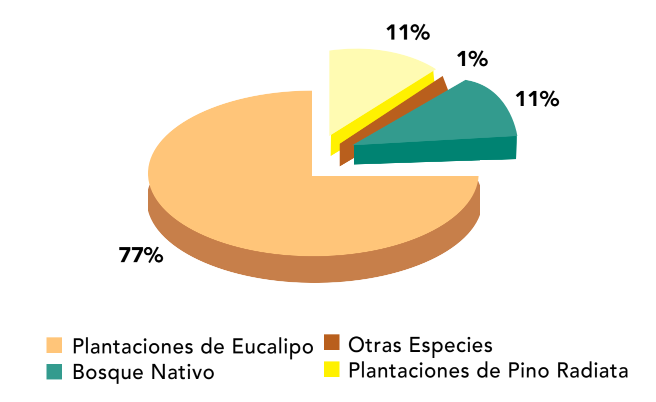


Gráfico 1-3: Distribución de la producción de madera en trozas en Chile.

En la actualidad, existen casi 20 millones de m3 de madera aserrable de Pino radiata. La proyección de este recurso es duplicar su disponibilidad en los próximos 25 años.

Esto permite proyectar que el principal recurso que se utilizará en el futuro para aplicaciones en la construcción, es la madera proveniente de plantaciones de Pino radiata.

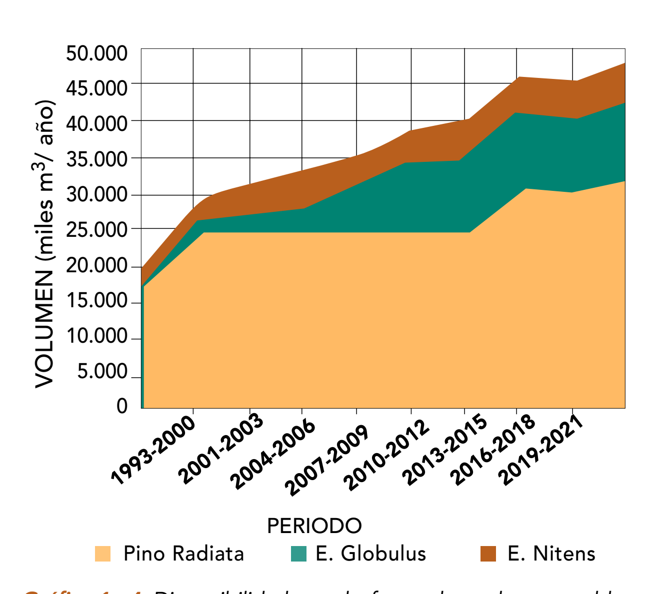


Gráfico 1 - 4: Disponibilidad actual y futura de madera aserrable: Pino radiata, Eucalipto globulus, Eucalipto nitens.

1.3 EL ÁRBOL Y SU ESTRUCTURA

El árbol está compuesto por tronco, copa y raíces.

Del tronco se obtiene materia prima para la producción de madera aserrada, perfiles y tableros contrachapados; y de la copa (ramas), tableros de hebras orientadas, OSB (Oriented Strand Board).



UNIDAD 1
LA MADERA

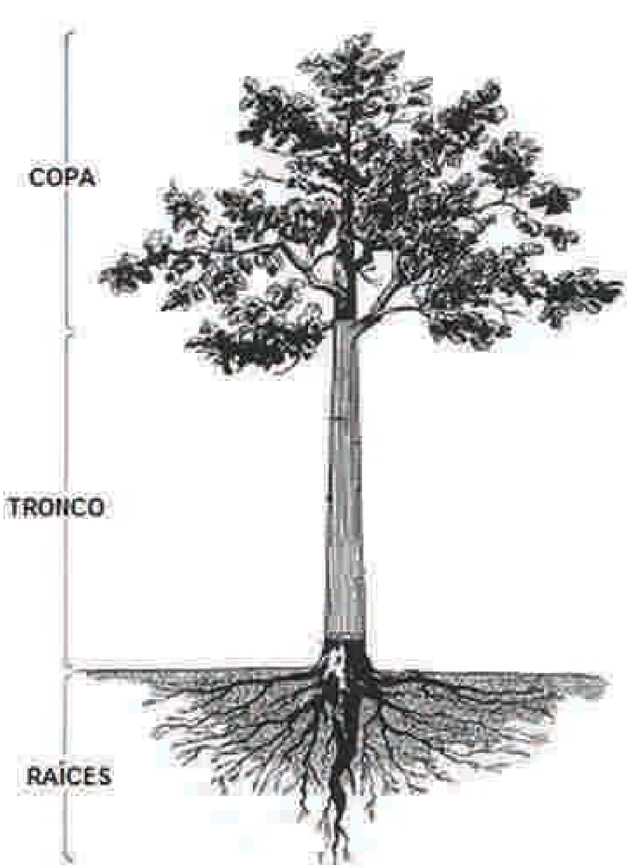


Figura 1-4: Secciones de un árbol: copa, tronco y raíces.

Al hacer un corte transversal de un árbol y analizar desde el exterior hacia el interior una sección de éste, se pueden apreciar zonas claramente diferenciadas, las cuales cumplen funciones específicas:

- La primera zona apreciable es la **corteza**, formada por materia muerta, de aspecto resquebrajado, que se divide en corteza exterior y corteza interior (floema).

  La corteza exterior está compuesta por células muertas que cumplen la función de proteger la estructura interior frente a agentes climáticos y biológicos.

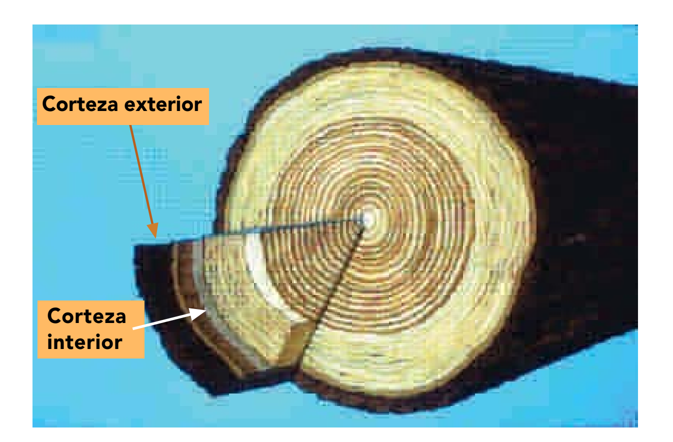


Figura 1-5: Sección transversal de un tronco en que se muestra la corteza exterior y la corteza interior o floema.

- Siguiendo hacia dentro se encuentra la corteza interior, compuesta por células que trasladan savia elaborada.

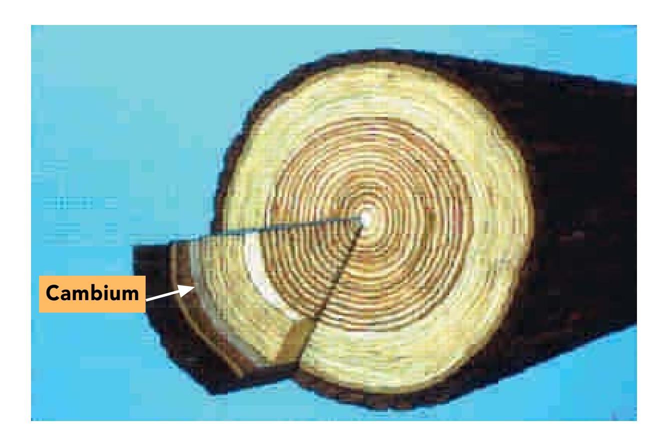


Figura 1 - 6: En la sección transversal del tronco se muestra el cambium o cambio, que se encuentra adyacente al xilema y hacia la corteza.

- Luego se presenta el **cambium o cambio**, zona que corresponde al tejido generador de células, es decir, donde se produce el crecimiento del árbol. Hacia el interior forma el **xilema** y hacia el exterior, forma el **floema**.

- En el **xilema** podemos distinguir la **albura** hacia el exterior, con células que cumplen la función de sostén y traslado de agua y nutrientes.

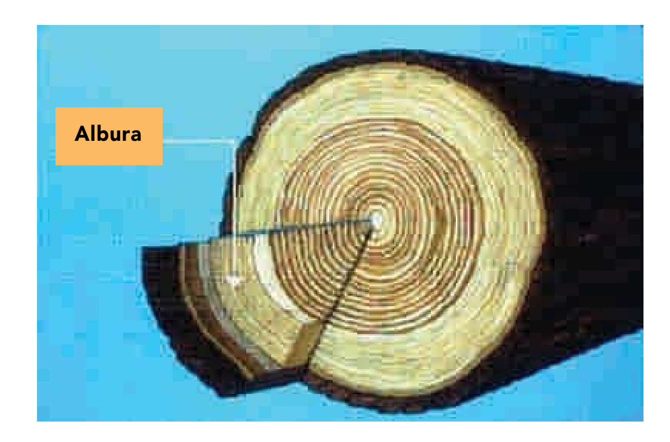


Figura 1- 7: La zona al interior del cambium es la albura.

- Hacia el interior del xilema se forma el **duramen**, compuesto por células inactivas, pero que mantienen la función de sostén.



Figura 1-8: Al interior de la albura se encuentra el duramen.

- En el centro del árbol se encuentra la **médula**, tejido inactivo sin función específica.



Figura 1 - 9: En el centro se ubica la médula.

Otra de las características relevantes del árbol en su sección transversal son los denominados anillos de crecimiento (concéntricos), los cuales son apreciables a simple vista, dependiendo de la especie.

Las especies madereras, como se detallará más adelante, se clasifican en dos grandes grupos: **coníferas y latifoliadas**. En las primeras, los anillos de crecimiento son perfectamente diferenciables, mientras que en las segundas, no son tan apreciables.



Figura 1 - 10: Anillo de crecimiento anual.

En las coníferas se pueden apreciar dos bandas concéntricas, diferenciadas en los anillos de crecimiento. La banda más clara es denominada madera de primavera o temprana. La banda más oscura, más densa que la de primavera, es la madera de verano o tardía. En esta última, al llegar el receso invernal puede observarse la reducción de su crecimiento.



Figura 1 - 11: Madera de primavera o temprana y madera de verano o tardía.

Si amplificamos el anillo de crecimiento, podemos identificar la madera temprana, formada por células de mayor tamaño y la madera tardía, compuesta por células más concentradas.

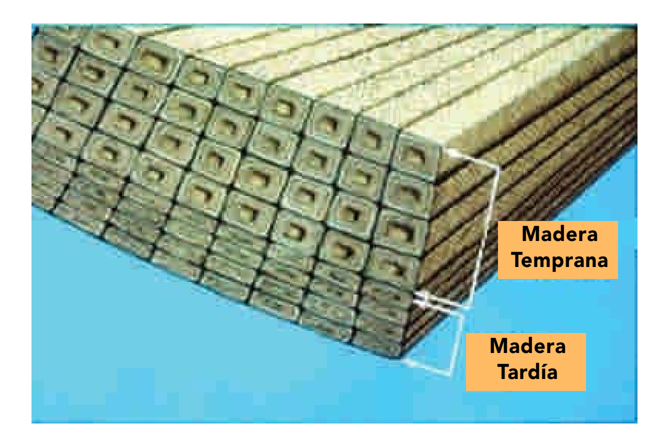


Figura 1 - 12: Ampliación del anillo de crecimiento.

Las células en coníferas pueden medir de 3 a 5 milímetros de largo, dependiendo de la especie. En el caso de latifoliadas, el largo puede llegar a 1 mm.



Figura 1 - 13: Dimensión de las células en coníferas y latifoliadas.

1.4 ESPECIES MADERERAS

La madera es producto de un proceso metabólico en un organismo vivo (árbol), que crece en la naturaleza en condiciones climáticas, geográficas y de suelos muy diversos.

Esta diversidad afecta el crecimiento y las características de la madera en relación con su estructura celular.

Al analizar una probeta en microscopio se observa la madera igual a cualquier ser vivo, conformada por células generalmente alargadas y dispuestas en la dirección del eje del árbol, pudiendo cumplir esencialmente 2 funciones: sostén del propio árbol y conductora de savia.

Por esto, a nivel de estructura celular se pueden clasificar las especies arbóreas en dos grandes grupos de árboles:

- Coníferas
- Latifoliadas

1.4.1 Coníferas

La madera de coníferas está constituida esencialmente por células de características homogéneas, del grupo traqueidas, las cuales realizan la doble función de sostén del árbol y conducción de la savia (NCh 173 Madera – Terminología General).

Las especies pertenecientes a este grupo presentan un tronco recto, cónico hasta su ápice (extremo superior) y revestido de ramas.

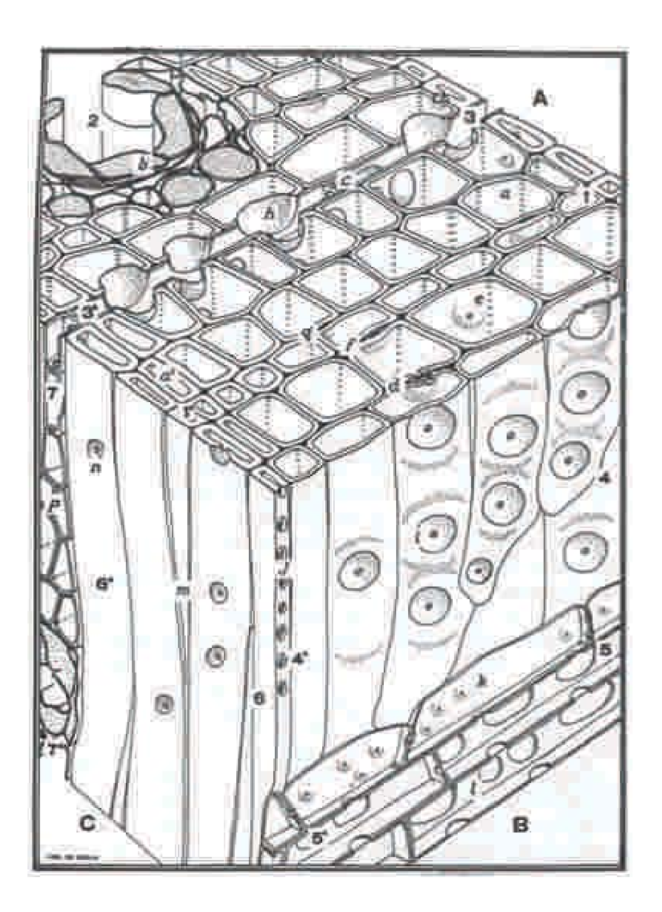


Figura 1 - 14: Estructura anatómica de una conífera.

1.4.2 Latifoliadas

La madera de latifoliadas proviene del grupo de angiospermas, los que están constituidos esencialmente por **vasos**, los cuales realizan la función conductora de la savia y por **fibras** que son el sostén del árbol (NCh 173 Madera – Terminología General).

Las especies latifoliadas presentan en general, una copa bien ramificada y un tronco que varía en dimensiones y forma.

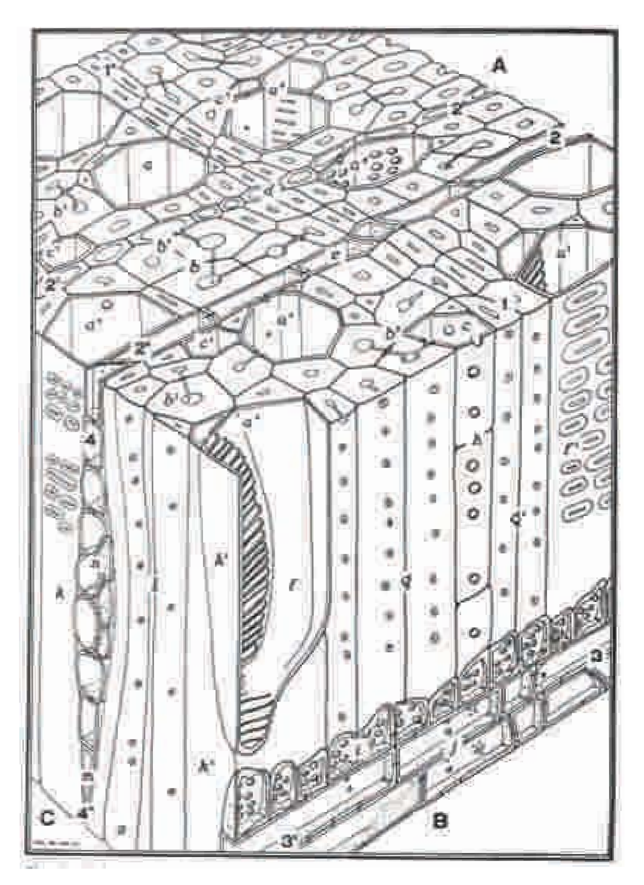


Figura 1-15: Estructura anatómica de una latifoliada.

Las especies madereras comercializadas en Chile, atendiendo a su origen se clasifican en:

- Especies nativas (originarias de Chile)
- Especies exóticas (introducidas)

En la actualidad, especies forestales nativas como: Raulí, Coigüe, Lenga, Roble, Mañío, Alerce y Araucaria, están sujetas a utilización restringida y en algunos casos, prohibida.

Por otra parte, las especies exóticas corresponden a especies forestales originarias de otros países e introducidas en nuestro territorio. Destaca entre ellas el Pino radiata, que encontró entre la V y la IX regiones del país, condiciones excepcionales de crecimiento y desarrollo, transformándose en la principal especie comercial de uso estructural en el país.

Algunas especies exóticas que pueden encontrarse en Chile datan de más de cien años, como por ejemplo: Pino oregón, Hemlock, Roble americano, Frenso y Cerezo (también norteamericanos), Haya y Larch (de Europa), Mara, Cedro y Roble boliviano, Ramin, Almendrillo, Paquio, Ipé, entre otras especies tropicales.

Las especies coníferas y latifoliadas nacionales, para uso estructural, se muestran en las normas NCh 1970 Maderas Parte 1 y 2: Especies (Latifoliadas/Coníferas)– Clasificación visual para uso estructural- Especificaciones de los grados de calidad.

El Pino radiata por su disponibilidad actual y futura, características físicas y comportamiento mecánico estructural, se ha convertido por excelencia en la especie maderera más utilizada en la construcción, tanto para fines estructurales como estéticos.

Hoy en día se puede acceder comercial y masivamente a la madera de Pino radiata clasificada estructuralmente, según norma chilena NCh 1207 (Pino radiata- Clasificación visual para uso estructural- Especificaciones de los grados de calidad) o la normativa británica EBS – 159/1, seca en cámara, y contenido de humedad entre 12 y 15%.

1.5 LA MADERA Y SUS PROPIEDADES

La madera elaborada a través de un proceso de aserrío se denomina pieza de madera y posee propiedades definidas.

1.5.1 Propiedades Básicas

Independientemente de la especie, la madera puede ser considerada como un material biológico, anisotrópico e higroscópico.



Foto 1 - 16: Aserradero automatizado donde la madera es dimensionada.

Es un **material biológico**, ya que está compuesto principalmente por moléculas de celulosa y lignina. Siendo madera elaborada, puede ser biodegradada por el ataque de hongos e insectos taladradores, como son las termitas.

Por ello, a diferencia de otros materiales inorgánicos (ladrillo, acero y hormigón, entre otros), la madera debe tener una serie de consideraciones de orden técnico que garanticen su durabilidad en el tiempo.

La madera es un **material anisotrópico**. Según sea el plano o dirección que se considere respecto a la dirección longitudinal de sus fibras y anillos de crecimiento, el comportamiento tanto físico como mecánico del material, presenta resultados dispares y diferenciados. Para tener una idea de cómo se comporta, la madera resiste entre 20 y 200 veces más en el sentido del eje del árbol, que en el sentido transversal.

Debido a este comportamiento estructural tan desigual, se ha hecho necesario establecer:

- Eje tangencial
- Eje radial y
- Eje axial o longitudinal

El **eje tangencial**, como su nombre lo indica, es tangente a los anillos de crecimiento y perpendicular al eje longitudinal de la pieza.

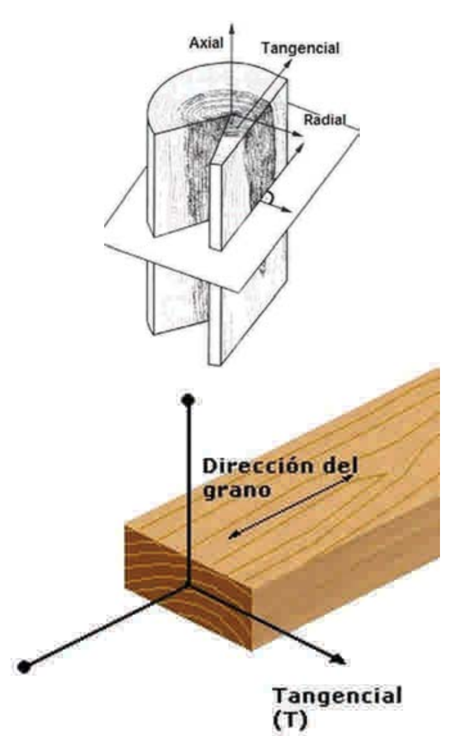


Figura 1 - 17 y 18: Eje tangencial en una pieza de madera.

El eje **radial** es perpendicular a los anillos de crecimiento y al eje longitudinal.

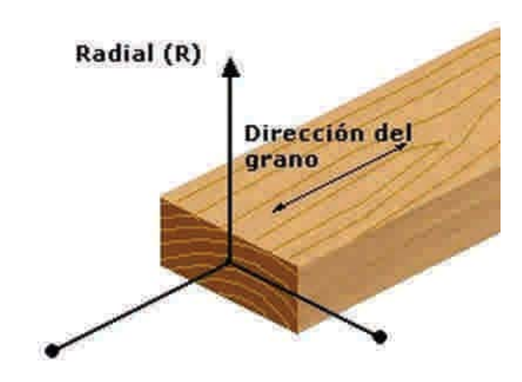


Figura 1-19: Eje radial en una pieza de madera.

El **eje longitudinal** es paralelo a la dirección de las fibras y por ende, al eje longitudinal del tronco. Forma una perpendicular respecto al plano formado por los ejes tangencial y radial.

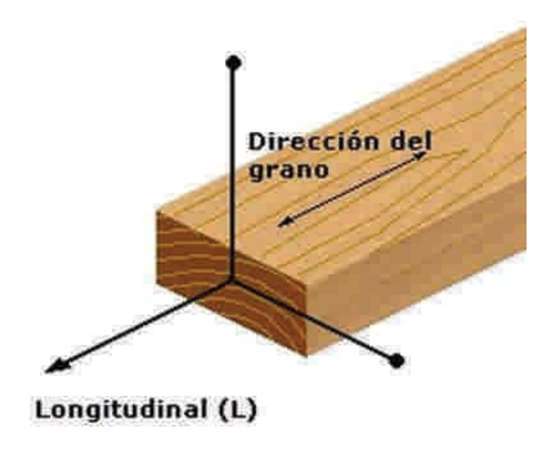


Figura 1 - 20: Eje longitudinal en una pieza de madera.

La madera es un **material higroscópico**. Tiene la capacidad de captar y ceder humedad en su medio, proceso que depende de la temperatura y humedad relativa del ambiente. Este comportamiento es el que determina y provoca cambios dimensionales y deformaciones en la madera.

1.5.2 Propiedades Físicas

1.5.2.1 Contenido de humedad

La estructura de la madera almacena una importante cantidad de humedad. Esta se encuentra como **agua ligada** (savia embebida) en las paredes celulares y como **agua libre**, en el interior de las cavidades celulares.

Para determinar la humedad en la madera, se establece una relación entre masa de agua contenida en una pieza y masa de la pieza anhidra, expresada en porcentaje. A este cuociente se le conoce como **contenido de humedad**.

% Contenido de humedad =	Peso del agua x100 Peso de madera seca en cámara	
Donde: Peso del agua =	Peso madera - húmeda	Peso madera seca en cámara

Tabla 1-1: Cálculo del contenido de humedad de la madera.

Por ejemplo, si una pieza de madera contiene 15% de humedad, significa 15 kilos de agua por cada 100 kg de madera. El procedimiento y ensayo para calcular el contenido de humedad está establecido en la norma chilena NCh176/1 OF1984 Madera- Parte 1: Determinación de humedad.

El agua contenida en el interior de la madera, sea en forma natural o por estar expuesta a condiciones del medio ambiente, puede variar principalmente debido a la humedad y temperatura predominantes en el lugar donde se utiliza.

Al cortar un árbol, la madera contiene gran volumen de agua en sus cavidades y paredes celulares, humedad que oscila alrededor del 80%. En algunos casos, puede ser superior al 100%, es decir, el peso del agua contenida en el volumen de madera es superior al peso de ésta anhídra.

Dependiendo de las condiciones ambientales, la madera entrega al medio agua libre contenida en sus cavidades, y luego agua adherida por capilaridad a las paredes celulares.

Cuando el intercambio de humedad que produce el medio ambiente cesa, se dice que la madera ha alcanzado un punto denominado **humedad de equilibrio**.

Se denomina, entonces, humedad de equilibrio al porcentaje de agua que alcanza una madera sometida durante un lapso determinado a condiciones de temperatura y humedad en su medio ambiente.

Los cambios climáticos del aire que se suceden continuamente, día y noche según las estaciones, hacen que la humedad de la madera también cambie, aunque en valores pequeños.

Kollmann (1959) comprobó que la humedad de equilibrio es casi constante para todas las maderas, y elaboró un ábaco para determinar este valor. O sea, cuando la madera es sometida a un ambiente saturado de humedad (100% de humedad relativa del aire), la humedad de equilibrio es casi constante para todas las maderas, alcanzando un valor máximo de 30%.

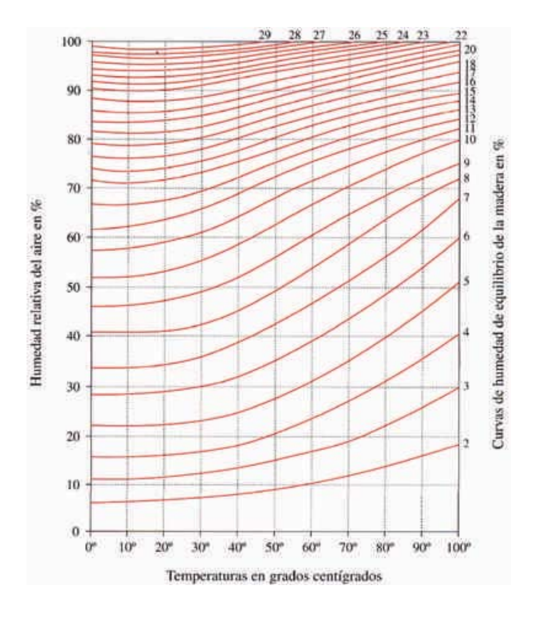


Gráfico 1-1: Curvas de humedad de equilibrio de la madera.

Dicha condición se produce en casi todas las especies cuando el agua libre ha sido entregada al ambiente, permaneciendo con agua sólo las paredes celulares.

A este punto de humedad se le denomina punto de saturación de la fibra (PSF).

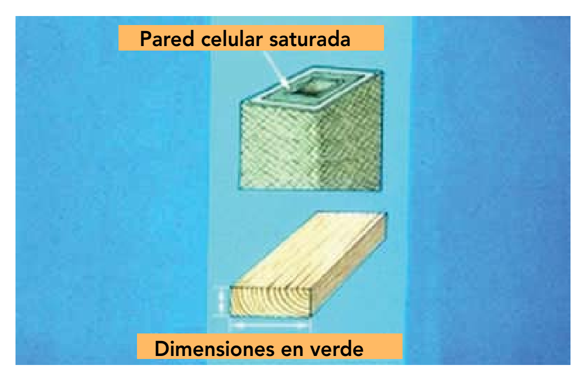


Figura 1 - 21 : Punto de saturación de la fibra, PSF.

Desde este punto porcentual y sobre él, la madera tiene las dimensiones de la madera verde.

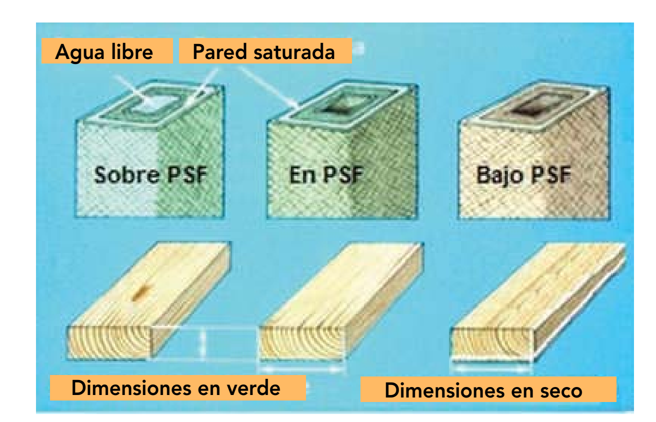


Figura 1 - 22: Madera sobre el PSF. Presencia de agua libre y agua ligada.

Cuando la madera tiene un contenido de humedad bajo (el punto de saturación de las fibras es menor al 30%), se habla de madera seca. Sin embargo, para ser utilizada como material de construcción, y específicamente con fines estructurales, el contenido de humedad debe ser inferior al 15%.

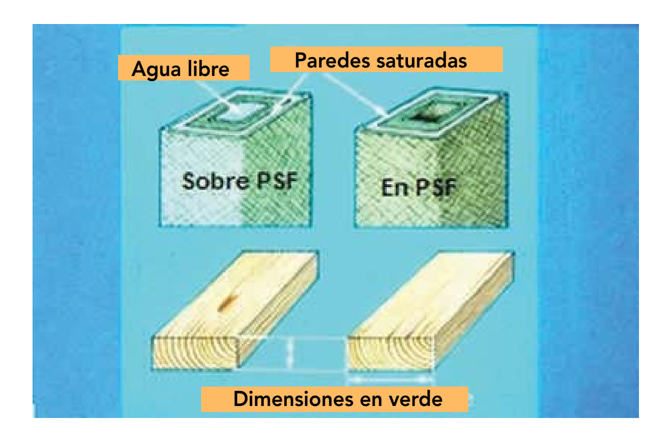


Figura 1 - 23: Madera seca. La contracción se inicia.

1.5.2.2 Densidad de la madera

Como se sabe, la densidad de un cuerpo es el cuociente formado por masa y volumen.

En la madera, por ser higroscópica, la masa y el volumen varían con el contenido de humedad; por lo que resulta importante expresar la condición bajo la cual se obtiene la densidad. Esta es una de las características físicas más importantes, ya que está directamente relacionada con las propiedades mecánicas y durabilidad de la madera.

La norma chilena NCh 176/2 Of 1986 Mod. 1988 Madera-Parte 2: Determinación de la densidad, establece las siguientes densidades de la madera, determinadas a partir del contenido de humedad de la pieza:

- Densidad Anhidra: Relaciona la masa y el volumen de la madera anhidra (completamente seca).
- Densidad Normal: Aquella que relaciona la masa y el volumen de la madera con un contenido de humedad del 12%.
- Densidad Básica: Relaciona la masa anhidra de la madera y su volumen con humedad igual o superior al 30%.
- Densidad Nominal: Es la que relaciona la masa anhidra de la madera y su volumen con un contenido de humedad del 12%.
- Densidad de Referencia: Aquella que relaciona la masa y el volumen de la madera ambos con igual contenido de humedad.

1.5.2.3 Contracción y expansión de la madera

El secado de la madera por debajo del punto de saturación de la fibra, provoca pérdida de agua en las paredes celulares, lo que a su vez produce contracción de la madera. Cuando esto ocurre se dice que la madera "trabaja".

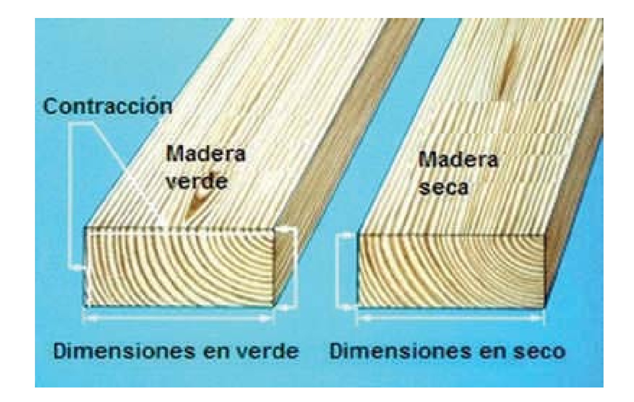


Figura 1 - 24: Madera verde y madera seca.

Las dimensiones de la madera comienzan a disminuir en los tres ejes anteriormente descritos: tangencial, radial y longitudinal. Sin embargo, en este proceso la contracción tangencial es mayor a la que se produce en un árbol.

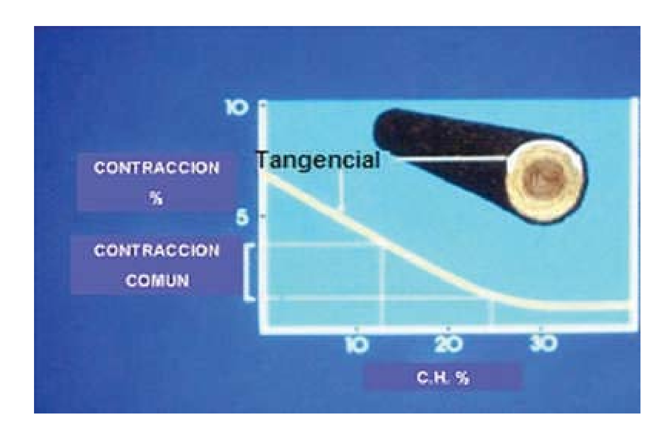


Figura 1 - 25: *El gráfico muestra la magnitud de la contracción tangencial y el sentido en el tronco.*

A la contracción tangencial le sigue la radial, con menos efecto, pero significativo en la deformación de la pieza.

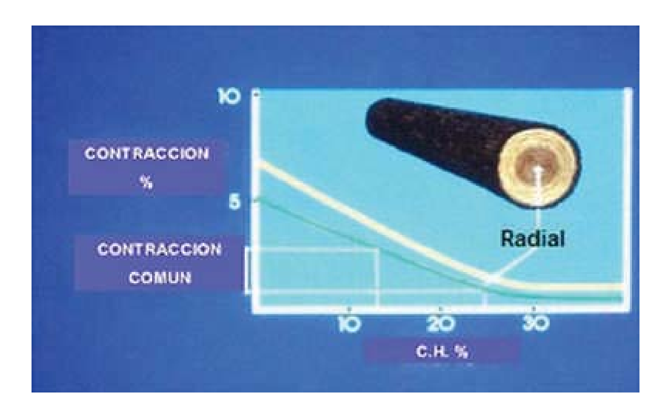


Figura 1 - 26: *El gráfico muestra la magnitud de la contracción radial y el sentido en el tronco.*

La contracción longitudinal es prácticamente despreciable en madera utilizada con fines estructurales.

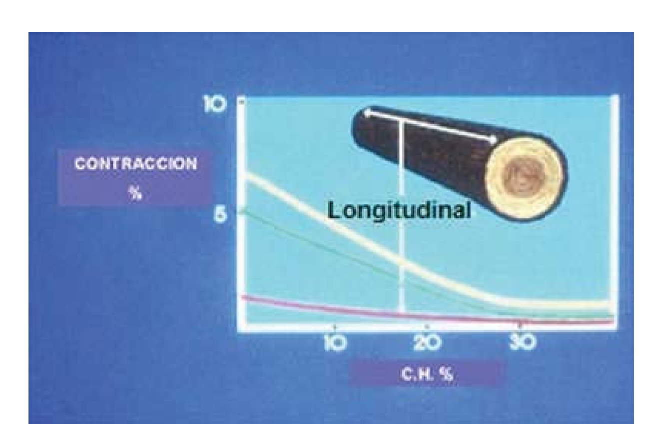


Figura 1 - 27: *Gráfico que muestra la proporción de la contracción de la madera en su eje longitudinal.*

Desde el punto de vista del comportamiento de la madera, el punto de saturación de la fibra es una variable muy importante, puesto que sobre él, la madera no variará sus características ni su comportamiento físico o mecánico. Sin embargo, cuando la madera se encuentra bajo dicho punto, sufre cambios dimensionales y volumétricos que pueden ir de leves a drásticos.

Las consecuencias de dicho proceso en beneficio de las propiedades resistentes de la madera, dependerán de las condiciones y método de secado aplicado (al aire o en cámara).

HUMEDAD	DIMENSION	CONTRACCION %
Verde -12%	Tangencial Radial Longitudinal Volumétrica	4,0 2,0 0,1 6,0
Verde-Seco en cámara	Tangencial Radial Longitudinal Volumétrica	7,0 3,4 0,2 10,5

Tabla 1-2: *Contracción en Pino radiata secado al aire y en cámara.*

La contracción por secado provoca deformaciones en la madera. Sin embargo con un adecuado método, los efectos son beneficiosos sobre las propiedades físicas y mecánicas de la madera.



Figura 1-28: *Efectos de la contracción en la madera.*

1.5.2.4 Propiedades eléctricas

La madera anhidra es un excelente aislante eléctrico, propiedad que decae a medida que aumenta el contenido de humedad.

En estado anhidro y a temperatura ambiental, la resistencia eléctrica es de aproximadamente 10^{16} ohm-metro, decreciendo a 10^{4} ohm-metro, cuando la madera está en estado verde. Esta gran diferencia se produce cuando el contenido de humedad varía entre 0% y 30 %, base para el diseño de los instrumentos eléctricos que miden humedad (xilohigrómetros).

1.5.2.5 Propiedades acústicas
La madera, como material de construcción, cumple un rol acústico importante en habitaciones y aislación de edificios, ya que tiene la capacidad de amortiguar las vibraciones sonoras. Su estructura celular porosa transforma la energía sonora en calórica, debido al roce y resistencia viscosa del medio, evitando de esta forma transmitir vibraciones a grandes distancias.

1.5.2.6 Propiedades térmicas
El calor en la madera depende de la conductividad térmica y de su calor específico.

a) **Conductividad** es la capacidad que tiene un material para transmitir calor, y se representa por el coeficiente de conductividad interna; definido como la cantidad de calor que atraviesa por hora, en estado de equilibrio, un cubo de un metro de arista, desde una de sus caras a la opuesta y cuando entre éstas existe una diferencia de temperatura de 1 grado Celsius (°).

La conductividad térmica se mide mediante un coeficiente de conductividad y está íntimamente relacionada con la densidad de la madera. Las cavidades celulares de la madera seca (bajo el PSF) están llenas de aire, el cual es un mal conductor térmico. Por ello, las maderas de baja densidad conducen menos calor que las de alta densidad.

b) **Calor específico** es definido como la cantidad de calor necesario para aumentar en 1 grado Celsius (°), la temperatura de un gramo de madera.

El calor específico en la madera es 4 veces mayor que en el cobre y 50% mayor que en el aire. No depende de la especie ni densidad, pero sí varía con la temperatura.

La combinación de estos dos aspectos hace de la madera un material que absorbe calor muy lentamente.

La alta resistencia que ofrece la madera al paso del calor, la convierte en un buen aislante térmico y en un material resistente a la acción del fuego.

La madera, al igual que otros materiales, se dilata o contrae al aumentar o disminuir la temperatura, pero su efecto es bastante menor, sin ser despreciable, en valores que representan 1/3 del acero y 1/6 del aluminio, aproximádamente.

1.5.3 Propiedades mecánicas

1.5.3.1 Generalidades
Las propiedades mecánicas de la madera determinan la capacidad o aptitud para resistir fuerzas externas.

Se entiende por fuerza externa cualquier solicitación que, actuando exteriormente, altere su tamaño, dimensión o la deforme.

El conocimiento de las propiedades mecánicas de la madera se obtiene a través de la experimentación, mediante ensayos que se aplican al material, y que determinan los diferentes valores de esfuerzos a los que puede estar sometida.

El esfuerzo que soporta un cuerpo por unidad de superficie es la llamada tensión unitaria.

Cuando la carga aplicada a un cuerpo aumenta, se produce una deformación que se incrementa paulatinamente. Esta relación entre la carga aplicada y la deformación que sufre un cuerpo se puede representar gráficamente por una recta (Gráfico 1 – 5), hasta el punto donde se inicia el límite elástico del material ensayado. Si se sigue aumentando la carga, se logra la rotura del material.

El límite elástico se define como el esfuerzo por unidad de superficie, en que la deformación aumenta en mayor proporción que la carga que se aplica.

El esfuerzo necesario para solicitar un material hasta el límite elástico, determina la tensión en el límite de proporcionalidad, que es la carga máxima a que se puede someter sin que se produzcan deformaciones permanentes.

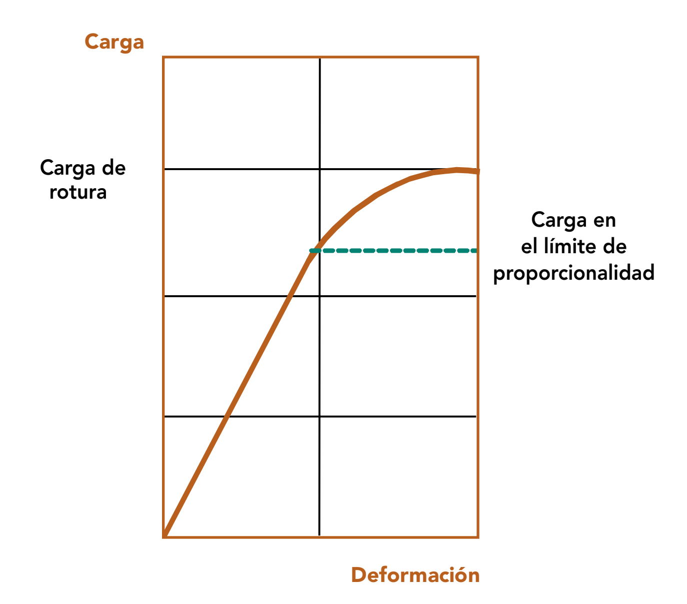


Gráfico 1- 2 : Gráfica carga - deformación.

La rigidez de un cuerpo se define como la propiedad que tiene para resistir la deformación al ser solicitado por fuerzas externas. La medida de rigidez de la madera se conoce como módulo de elasticidad o coeficiente de elasticidad, calculado por la razón entre esfuerzo por unidad de superficie y deformación por unidad de longitud.

Cuando la carga resulta mayor a la del límite elástico, la pieza continúa deformándose hasta llegar a colapsar, obteniendo la tensión de rotura de la pieza de madera.

1.5.3.2 Ensayos

Los ensayos se realizan en dos estados de contenido de humedad, uno con probetas de humedad superior al 30% (estado verde), y el segundo con probetas de humedad 12% (estado seco al aire).

1.5.3.2.1 Compresión paralela a las fibras

Es la resistencia de la madera a una carga en dirección paralela a las fibras, la que se realiza en columnas cortas para determinar la tensión de rotura, tensión en el límite de proporcionalidad y módulo de elasticidad.



Figura 1 - 29: Esquema de ensayo de compresión paralela a las fibras.

1.5.3.2.2 Compresión normal a las fibras

Es la resistencia de la madera a una carga en dirección normal a las fibras, aplicada en una cara radial, determinando la tensión en el límite de proporcionalidad y tensión máxima.

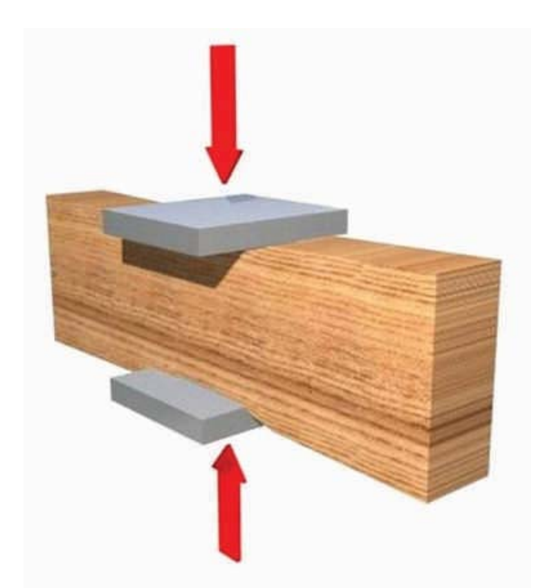


Figura 1 - 30: Esquema de ensayo de compresión normal a las fibras.

1.5.3.2.3 Flexión estática

Es la resistencia de la viga a una carga puntual, aplicada en el centro de la luz, determinando la tensión en el límite de proporcionalidad, tensión de rotura y el módulo de elasticidad.

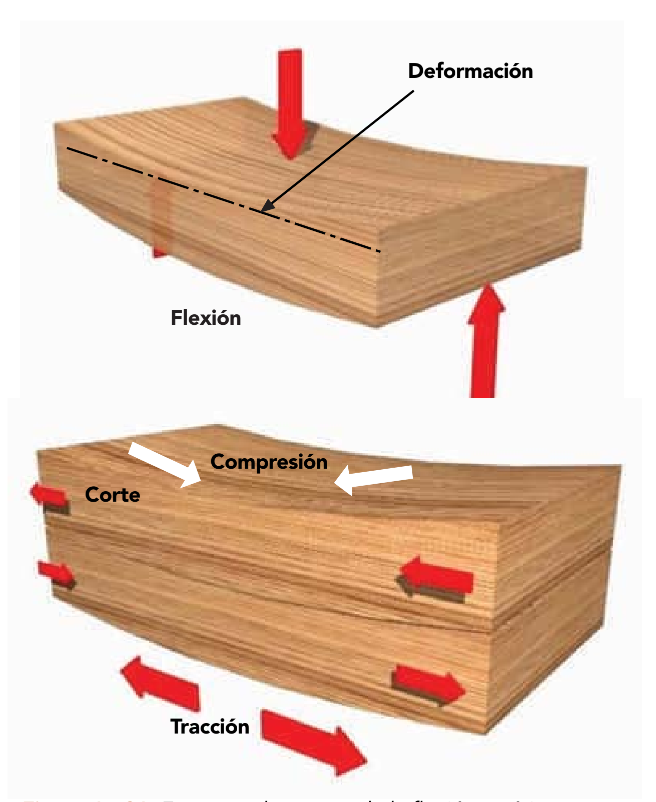


Figura 1 - 31: Esquema de ensayo de la flexión estática.

1.5.3.2.4 Tenacidad

Es la capacidad que tiene la madera de absorber energía al aplicar una carga que actúa en forma instantánea.



Figura 1 - 32: Esquema de ensayo de tenacidad.

1.5.3.2.5 Cizalle

Es la medida de la capacidad de la pieza para resistir fuerzas que tienden a causar deslizamiento de una parte de la pieza sobre otra.



Figura 1 - 33: Esquema de ensayo de cizalle longitudinal.

Según la dirección de las fuerzas que la producen se pueden clasificar en:

a) Cizalle paralelo tangencial

La solicitación es paralela a las fibras y produce un plano de falla, tangente a los anillos de crecimiento.

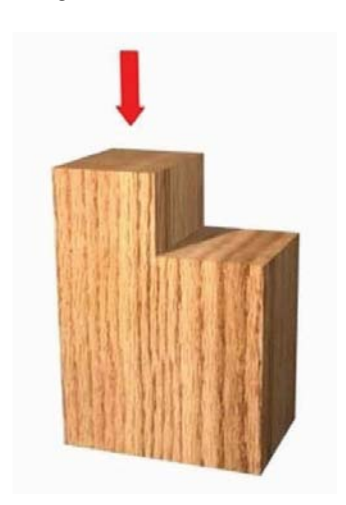


Figura 1 - 34: Esquema de ensayo de cizalle paralelo tangencial.

b) Cizalle paralelo radial

La solicitación es paralela a las fibras y produce un plano de falla perpendicular a los anillos de crecimiento.

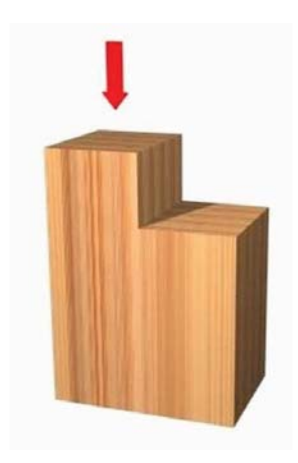


Figura 1 - 35: Esquema de ensayo de cizalle paralelo radial.

1.5.3.2.6 Clivaje tangencial y radial

El clivaje es la resistencia que ofrece la madera al rajamiento. Puede ser tangencial y radial, dependiendo de la ubicación de los anillos de crecimiento.



Figura 1 - 36: Esquema de ensayo de clivaje. Dependiendo de la ubicación de los anillos de crecimiento con respecto al plano de falla, el clivaje puede ser tangencial y radial.

a) Clivaje tangencial

El plano de falla es tangente a los anillos de crecimiento.

b) Clivaje radial

Es aquel en que el plano de falla es normal a los anillos de crecimiento.

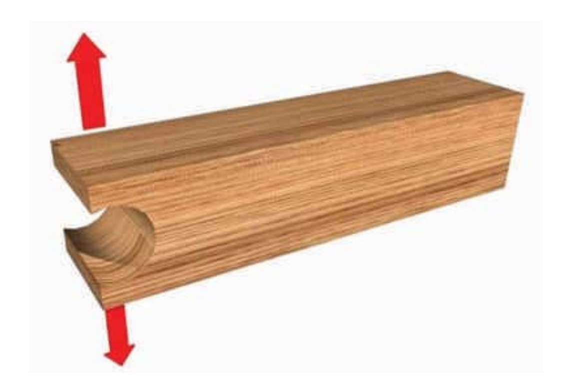


Figura 1 - 37: Esquema de ensayo de clivaje radial.

1.5.3.2.7 Tracción paralela a las fibras

Es la resistencia a una carga de tracción en dirección paralela a las fibras.



Figura 1 - 38: Esquema de ensayo de tracción paralela a las fibras.

1.5.3.2.8 Tracción normal a las fibras

Es la resistencia que opone la madera a una carga de tracción en la dirección normal a las fibras.

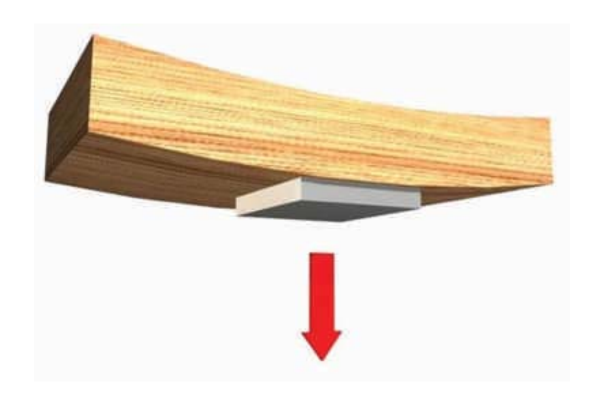


Figura 1 - 39: Esquema de tracción normal a las fibras.

Según la posición del plano de falla con respecto a los anillos de crecimiento, se puede distinguir la tracción normal tangencial y la tracción normal radial.

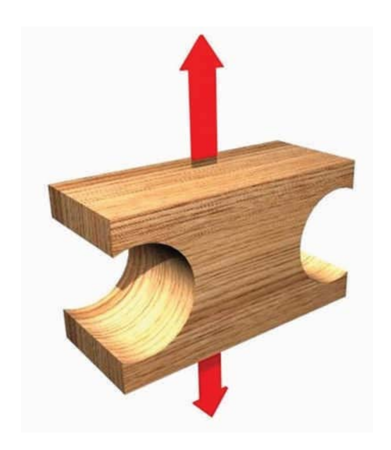


Figura 1 - 40: Esquema de tracción normal radial a las fibras.

1.5.3.2.9 Dureza

Es la resistencia que presenta la madera a la penetración.



Figura 1 - 41: Esquema de ensayo de dureza. Puede medirse en forma normal o paralela a la fibra.

1.5.3.2.10 Extracción de clavo

Se mide su resistencia por la fuerza necesaria para extraer un clavo de la madera. Se debe considerar la resistencia al desclave en una superficie paralela a las fibras y en una superficie normal a las fibras.



Figura 1 - 42: *Esquema de ensayo de extracción de clavo.*

1.5.3.3 Factores que afectan las propiedades mecánicas
Existe una serie de variables relacionadas con la estructura natural de la madera que pueden afectar sus propiedades mecánicas:

1.5.3.3.1 Defectos de la madera
Recibe este nombre cualquier irregularidad física, química o físico-química de la madera, que afecte los aspectos de resistencia o durabilidad, determinando generalmente una limitante en su uso o aplicación.

El identificar los defectos de la madera permite clasificarla por aspecto o resistencia.

La norma NCh 993 Of. 72 Madera- Procedimiento y criterios de evaluación para clasificación, establece diez niveles de defectos de la madera (de la A a la J) en la clasificación por aspecto.

En una clasificación por resistencia, cada nivel está vinculado a una razón de resistencia y se clasifica según el grado estructural.

Se distinguen, además, defectos por manipulación de la madera (secado y elaboración) y los inherentes a ella, los cuales influyen al momento de clasificarla por aspecto y por resistencia.

Sus definiciones y métodos de clasificación se encuentran establecidos en la norma chilena NCh 992 E Of. 72 Madera- Defectos a considerar en la clasificación, terminología y métodos de medición.

A continuación se exponen los defectos propios de la madera por elaboración y cuidados en el almacenamiento y protección en pie de obra, que repercuten en la resistencia o desempeño de las piezas en servicio.

Es importante conocer los términos relacionados con la geometría de una pieza, extraídos de la norma chilena NCh 992, indispensable para comprender las definiciones y métodos de medición de los defectos de la madera.

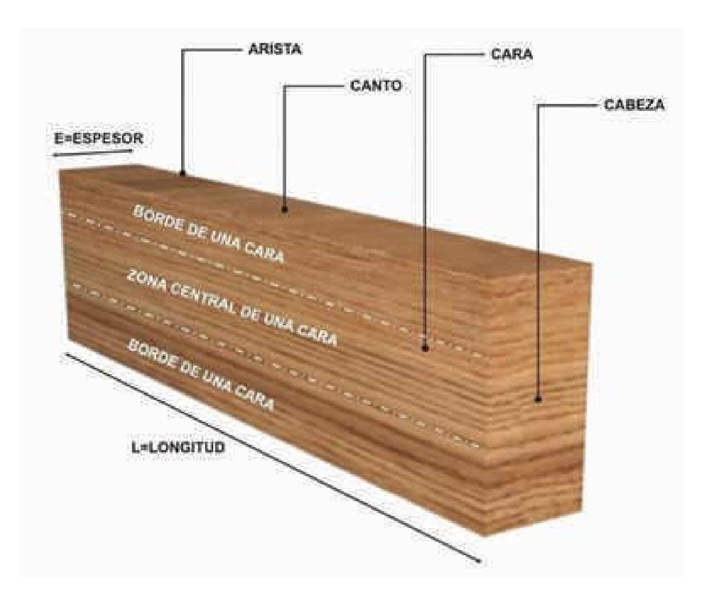


Figura 1-43: *Términos relativos a la geometría de una pieza.*

Arista: Línea recta de intersección de las superficies que forman dos lados adyacentes.

Cabeza: Sección transversal de cada extremo de una pieza.

Cantos: Superficies planas, menores y normales a las caras paralelas entre sí y al eje longitudinal de una pieza.

Caras: Superficies planas mayores, paralelas entre sí y al eje longitudinal de una pieza o cada una de las superficies planas de una pieza de sección cuadrada.

Borde de una cara: Zona de la superficie de una cara que abarca todo el largo de una pieza y que queda limitada en el ancho, por una arista y por una línea imaginaria paralela a la arista y a una distancia de ésta igual a la cuarta parte del ancho de la pieza.

Zona central de una cara: Zona de la superficie de una cara que abarca todo el largo de una pieza que queda comprendida entre los bordes de la cara. El ancho de esta zona es igual a la mitad del ancho de la pieza.

Escuadría: Expresión numérica de las dimensiones de la sección transversal de una pieza. Se debe especificar en milímetros (mm) de acuerdo a la norma vigente. Como en Chile está arraigado el uso de las pulgadas, se ha considerado conveniente especificar las escuadrías de las piezas indistintamente en ambos sistemas, como por ejemplo: 2" x 4" ó 2x4 ó 41 x 90 mm.

Ancho: Dimensión mayor de la escuadría.

Espesor: Dimensión menor de la escuadría.

a) Defectos propios:

Los defectos propios que más inciden sobre las propiedades de resistencia y durabilidad son:

- **Nudos sueltos**

  Abertura de sección relativamente circular, originada por el desprendimiento de un nudo.

  Si no interesa su posición en la pieza, la norma establece que se debe calcular el diámetro medio, midiendo su diámetro mayor y menor, en milímetros, y calculando el promedio.

  Los agujeros y/o nudos sueltos se pueden ubicar en la arista, en el borde de la cara, en el canto o en la zona central de la cara.

  La posición de este defecto es determinante en la magnitud de la alteración que causará en las propiedades resistentes. Así, un agujero, dentro o cerca de un canto, afecta fuertemente la resistencia de tracción o compresión de una pieza solicitada por flexión. En cambio, un agujero en el centro de la cara alterará más su resistencia de cizalle, cuando se aplica a ella el mismo esfuerzo de flexión.

Ejemplos:



Figura 1-44: Medición de agujero y/o nudo suelto en el borde de la cara.



Figura 1- 45: Medición de agujero y/o nudo suelto en la arista.

- **Rajaduras**

  Separación de fibras en la madera que afecta dos superficies opuestas o adyacentes de una pieza.

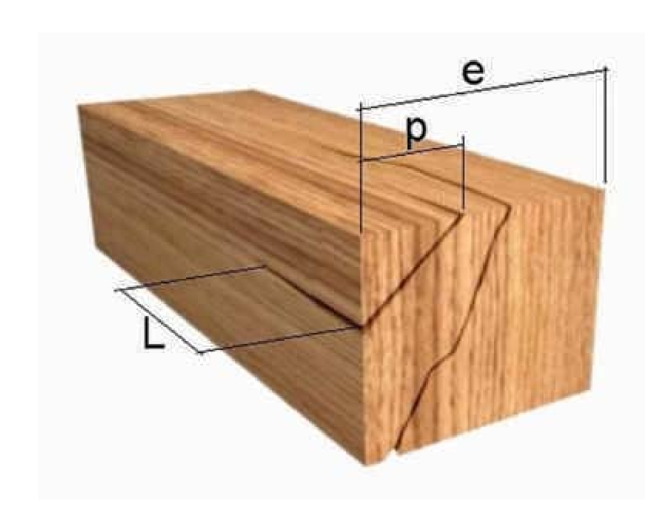


Figura 1- 46: Medición de la longitud de la zona afectada por la rajadura.

- **Grietas**
  Separación de elementos constitutivos de la madera, cuyo desarrollo no alcanza a afectar dos superficies opuestas o adyacentes de una pieza.

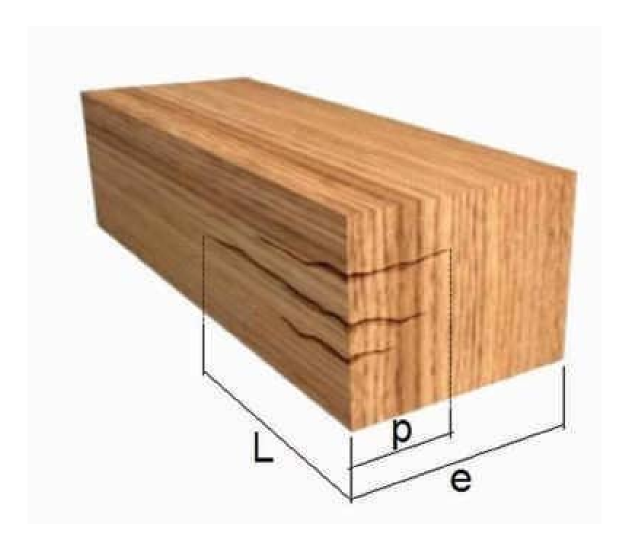


Figura 1- 47: Medición de grietas.

- **Fibra inclinada**
  Desviación angular que presentan los elementos longitudinales de la madera, con respecto al eje longitudinal de la pieza.



Figura 1- 45: Medición de la desviación de la fibra.

- **Perforación**
  Galería u otro tipo de orificio producido por la presencia de insectos taladradores. En cualquier caso, la madera con este defecto debe ser desechada.

- **Pudrición**
  Degradación, descomposición y destrucción de madera por presencia de hongos xilófagos y ambiente húmedo. La presencia parcial de putrefacción implica una creciente reducción de la resistencia. No se debe utilizar como material de construcción.

Otros defectos que inciden en la resistencia, pero en menor grado, son:

- **Bolsillo de corteza**
  Presencia de masa de corteza total o parcial comprendida en la pieza. Se conoce también como "corteza incluida".

- **Bolsillo de resina**
  Presencia de una cavidad bien delimitada que contiene resina o tanino. Se conoce también como "bolsa o lacra".

Los efectos que tiene el bolsillo de corteza y/o resina sobre la resistencia son los mismos descritos para el agujero y/o nudo suelto.

La medición dependerá de la ubicación que tiene el bolsillo en la pieza, el cual se puede ubicar en la arista, borde de la cara, en el canto o en la zona central.



Figura 1- 49: Medición de bolsillo de corteza y/o resina en la zona central de la pieza.

- **Acebolladuras**
  Separación de la pieza entre dos anillos consecutivos. Cuando aparece en las caras o cantos, se mide su longitud y separación máxima (mm).



Figura 1 - 50: Forma y medición de una acebolladura.

- **Alabeos**
  Deformación que puede experimentar una pieza de madera en la dirección de sus ejes, longitudinal y transversal o ambos a la vez, pudiendo tener diferentes formas: acanaladura, arqueadura, encorvadura y torcedura. Estos son defectos típicos por secado inadecuado, tema que se trata más adelante.

Ejemplo:



Figura 1-51: Acanaladura, alabeo de las caras en la dirección transversal. Se conoce también como "abarquillado" (en la imagen se muestra la medición de la acanaladura).

- **Colapso**
  Reducción de las dimensiones de la madera durante el proceso de secado, sobre el punto de saturación de las fibras, y se debe al aplastamiento de sus cavidades celulares.

  Este defecto no es admisible en la madera, puede afectar la resistencia y además su presencia.

- **Médula**
  Corresponde al tejido parenquimatoso y blando de la zona central del tronco. Afecta la clasificación por aspecto de superficies que quedan a la vista.



Figura 1- 52: Medición de médula.

- **Canto muerto**
  Se conoce por canto muerto o arista faltante a la falta de madera en una o más aristas de una pieza.

  Se mide en la arista, su largo o suma de largos en mm, mayor dimensión en el canto (x) y mayor dimensión en la cara (y).

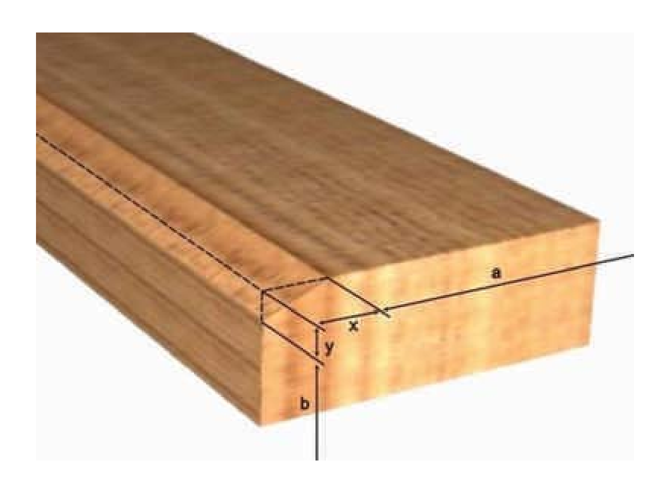


Figura 1 - 53: *Medición de la arista faltante o canto muerto.*

b) Defectos por elaboración:

- **Escuadría irregular**
  Variación de la escuadría nominal de una pieza producida por la desviación del plano de corte durante el aserrío, por ejemplo, sobredimensión.

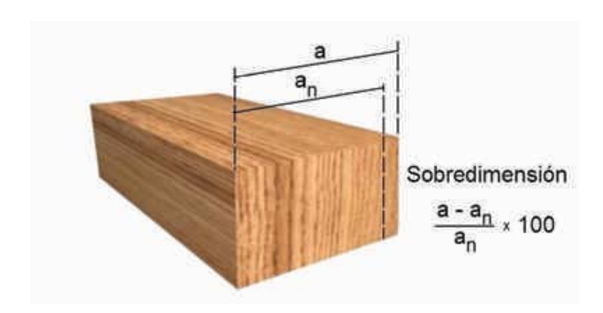


Figura 1 - 54: *Escuadría irregular.*

- **Grieta**
  Separación de los elementos constitutivos de la madera, cuyo desarrollo no alcanza a afectar dos superficies opuestas o adyacentes de una pieza.

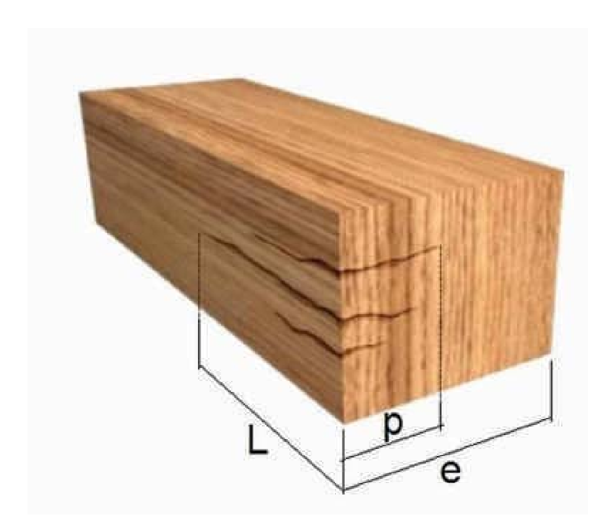


Figura 1 - 55: *Medición de una grieta.*

- **Marca de sierra**
  Depresión en la superficie de una pieza producida por un corte anormal.

- **Rajadura**
  Separación de fibras de la madera que afecta dos superficies opuestas o adyacentes de una pieza.

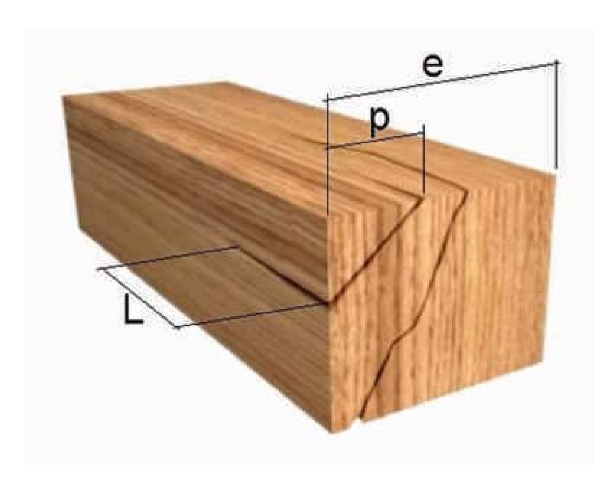


Figura 1 - 56: *Medición de la longitud de la zona afectada por rajadura.*

- **Cepillo desgarrado**
  Levantamiento de fibras en las superficies cepilladas causado por trabajo defectuoso. Ocurre con mayor frecuencia al procesar madera verde.

- **Cepillo ondulado**
  Depresiones sucesivas dejadas por cuchillos sobre la superficie de una pieza cepillada.

- **Cepillado incompleto**
  Areas de la superficie de una pieza que quedan sin cepillar.

- **Depresión por cepillado**
  Concavidad producida durante el cepillado.



Figura 1 - 57: Depresión por cepillado.

- **Marca de astillamiento**
  Depresión en las caras cepilladas, causada por desprendimiento de fibras.

- **Mancha de procesamiento**
  Cambio de color que puede ocurrir en la madera durante los procesos de aserrío, cepillado y/o almacenamiento.

- **Quemado**
  Carbonización de la madera durante su procesamiento, producida por fricción de la herramienta.

c) Cuidados y consideraciones de piezas de madera para el almacenamiento y protección a pie de obra

Si bien la madera recibida en obra puede llegar en óptimas condiciones, también puede sufrir severas deformaciones que afectan su resistencia o su desempeño en servicio, producto de una deficiente manipulación y/o mal almacenamiento en obra.

Debido a esto, es de suma importancia tomar las siguientes precauciones y consideraciones:

- Almacenar la madera en forma encastillada y protegida de la exposición directa al sol.

- Evitar almacenar la madera en ambientes húmedos.

- Evitar contacto directo de la madera con el suelo.

- Mantener encastillado en orden, evitando piezas arrumbadas.



Figura 1 - 58: Almacenamiento de la madera en paquetes con uso de separadores.

1.5.3.3.2 Densidad
La densidad es una variable importante para determinar la resistencia de la madera. Esta depende de varios factores, entre los cuales se puede mencionar:

- **Composición de las paredes celulares**
- **Grosor de las paredes celulares**
- **Tamaño de las porosidades**
- **Composición de la celulosa**

1.5.3.3.3 Contenido de humedad
Cuando la madera pierde agua por debajo del punto de saturación de las fibras, cada célula se compacta, lo que provoca mayor rigidez y resistencia de las fibras, y por ende, un incremento de su resistencia.

1.5.3.3.4 Temperatura
En general, las propiedades mecánicas de la madera decrecen al aumentar la temperatura interna, produciendo el efecto inverso cuando se enfría.

1.5.3.3.5 Albura y duramen
Por los tejidos de la albura se conduce la savia desde la tierra a las hojas, siendo de vital importancia en el crecimiento del árbol, además de ser su soporte. En la primera etapa del árbol, su sección transversal corresponde a la albura, luego, parte de ésta se transforma en duramen, cuya única función es el soporte mecánico del tronco.

No existen diferencias significativas entre las propiedades mecánicas de albura y duramen.

1.5.3.3.6 Temporada de corte
En general el árbol se puede talar en cualquiera estación del año, no habiendo ninguna diferencia en sus propiedades, lo importante es que una vez talado, se procede de inmediato a su procesamiento y secado en cámara.

1.5.3.3.7 Tratamiento de la madera
En varios estudios se ha demostrado que el proceso de la impregnación, debido al sometimiento de alta presión para lograr un buen resultado, produce un debilitamiento de la pieza y disminución de su resistencia.

1.6 SECADO DE LA MADERA

El secado de la madera es un proceso que se justifica para toda pieza que tenga uso definitivo en el interior de la vivienda (queda incorporada a la vida útil de ésta), sea con fines estructurales o de terminación.

La utilización de madera seca aporta una serie de beneficios, entre los que se destaca:

- **Mejora sus propiedades mecánicas: la madera seca es más resistente que la madera verde.**
- **Mejora su estabilidad dimensional.**
- **Aumenta la resistencia al ataque de agentes destructores (hongos).**
- **Aumenta la retención de clavos y tornillos.**
- **Disminuye considerablemente su peso propio, abarata el transporte y facilita la manipulación de herramientas.**
- **Mejora la resistencia de adhesivos, pinturas y barnices.**
- **Mejora su ductilidad, facilidad para cortar y pulir.**
- **Mejora la absorción de preservantes líquidos aplicados con presión.**
- **Aumenta la resistencia de las uniones de maderas encoladas.**



Gráfico 1 - 3: Efecto del contenido de humedad en la resistencia de la madera.

El secado de la madera puede ser realizado a través de dos métodos:

1.6.1 Secado al Aire
Se efectúa simplemente encastillando la madera bajo cubiertas protectoras contra el sol directo, permitiendo la circulación de aire en forma expedita y, según las condiciones de temperatura y humedad relativa del ambiente, el secado de la madera. Tiene la desventaja de ser un proceso lento y poco efectivo.

Los principales factores que influyen en un buen secado al aire son:

- Disponer de una cancha o patio que permita exponer la madera al aire, y que el encastillado sea efectuado de modo que el aire circule envolviendo cada una de las piezas de madera.
- El mejor sistema de encastillamiento para un secado rápido con el mínimo de agrietamiento y torceduras, es el apilado plano.



Figura 1 - 59: El adecuado almacenamiento previene los defectos del secado de la madera.

1.6.2 Secado convencional en horno
Consiste en secar la madera en cámaras especiales (hornos), en los cuales se manejan variables de presión, humedad y temperatura (80 a 90 °C). Este proceso tiene la ventaja de ser rápido, además de establecer el grado de humedad deseado.

Tiene la desventaja de ser un proceso que puede provocar fisuras, grietas, arqueaduras y torceduras en la madera, dependiendo del procedimiento y la especie.



Figura 1 - 60: *Secadores de madera, se muestra la carga de los carros.*

Temperatura (°C)	Velocidad (m/s)	Tiempo de Secado (horas)
78	2.2	120 (40 mm)
80	2.8	100 (40 mm)
90/60	5.0	48 (40 mm)
120/70	6.0	18 (2")
140/90	8.0	11 (2")
200/100	10.0	3 (2")

Tabla 1 - 3: *Tabla de secado de Pino radiata.*

1.6.3 Defectos por secado

Los defectos por secado se producen cuando se realiza un proceso que genera tensiones internas a nivel de estructura de la madera, siendo los más frecuentes:

1.6.3.1 Arqueadura

La arqueadura o combado es el alabeo de las caras en dirección de las fibras de la madera (NCh 173 Madera-Terminología general). La flecha que se forma por una de sus caras indica el grado de deformación, el cual se debe analizar para determinar el nivel de aceptación que se permite en la madera para un determinado uso.



Figura 1 - 61: *Alabeo o deformación de la madera llamado arqueadura.*

1.6.3.2 Acanaladura

La acanaladura o abarquillado es un alabeo en dirección transversal a las fibras (según norma NCh173).



Figura 1 - 62: *Alabeo o deformación de la madera llamado acanaladura.*

1.6.3.3 Encorvadura

La encorvadura o curvatura lateral corresponde al alabeo de los cantos en el sentido de las fibras (según norma NCh173).

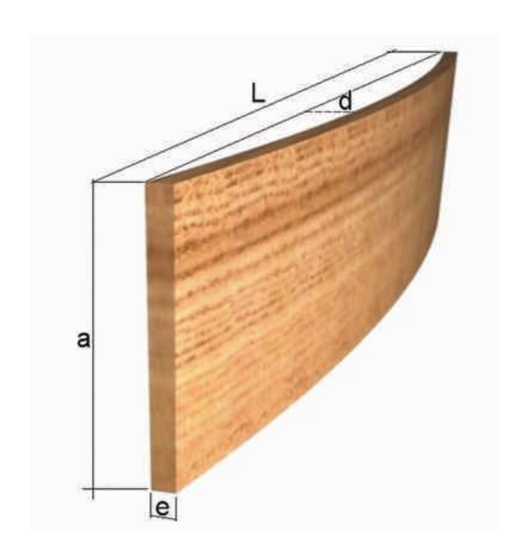


Figura 1 - 63: *Alabeo o deformación de la madera llamado encorvadura.*

1.6.3.4 Torcedura

La torcedura o revirado es el alabeo helicoidal en dirección longitudinal y transversal de las fibras (según norma NCh173).

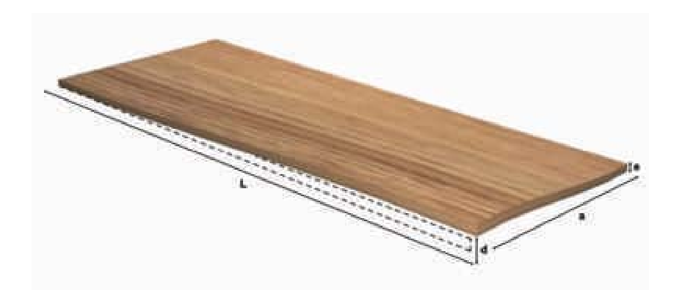


Figura 1 - 64: Alabeo o deformación de la madera llamado torcedura.

1.6.3.5 Colapso

Reducción de las dimensiones de la madera durante el proceso de secado sobre el punto de saturación de las fibras. Se debe a un aplastamiento de las cavidades celulares.

1.7 LA MADERA PARA CONSTRUCCIÓN

En la construcción de viviendas la madera puede tener tres categorías de uso:

1.7.1 Madera de uso definitivo

Es aquella incorporada a la edificación, ya sea a nivel de estructura o terminaciones, cuyo objeto es cumplir con la vida útil establecida para el edificio, es decir, queda incorporada definitivamente a la vivienda.

1.7.2 Madera de uso transitorio

Cumple la función de apoyar estructuralmente la construcción del edificio, sin quedar incorporada a su estructura al finalizar la actividad. En esta categoría se encuentra, por ejemplo, toda la madera utilizada en encofrados para hormigón.

1.7.3 Madera de uso auxiliar

Es aquella que cumple sólo funciones de apoyo al proceso constructivo. En esta categoría se pueden considerar, por ejemplo, la instalación de faenas, niveletas o tablaestacados, reglas y riostras de montaje, entre otros.

Por ello, no toda la madera utilizada en las actividades de construcción de una vivienda debe tener propiedades, especificaciones y requerimientos iguales, ya que éstas dependerán del destino que tendrá.

Para efectos del presente manual, se entenderá como construcción en madera a aquellas viviendas o edificios cuya estructura está resuelta íntegramente en madera, independiente del material utilizado en la terminación interior o exterior de la edificación.

Dicha estructura debe contar además con un adecuado sistema de arriostramientos, solucionado generalmente con tableros estructurales del tipo contrachapado fenólico o de hebras orientadas, OSB.

También considera la utilización de madera preservada (impregnada), aislación termoacústica, barreras de vapor y humedad, y material resistente al fuego por el interior, como por ejemplo, placas de yeso cartón o fibrocemento.

No considerar alguno de estos componentes, implicará que la estructura no cumpla con adecuados requerimientos de seguridad, habitabilidad y durabilidad.

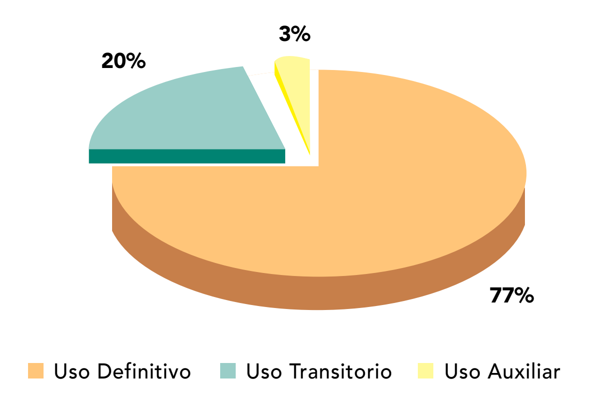


Gráfico 1- 4: Distribución de volumen de madera utilizado en viviendas de construcción tradicional.



Figura 1 - 65: Tabiques estructurales típicos de madera de Pino radiata.

No es válido, entonces, hablar de una construcción en madera al referirse a viviendas de emergencia, puesto que estas soluciones no cumplen con especificaciones y requerimientos mínimos para que los usuarios tengan condiciones básicas de calidad de vida.



Figura 1 - 66: Mediaguas de madera construidas en contacto directo con el suelo (construcción de emergencia).

Estas construcciones no contemplan barreras de humedad, aislación termoacústica, componentes de resistencia al fuego y protección de la madera. Por eso presentan serios problemas de durabilidad, puesto que normalmente están en contacto directo con el suelo y la madera carece de protección.

Hoy en día se tiene completa claridad de que toda pieza de madera que pasa a formar parte de la estructura o terminaciones de una vivienda debe ser madera seca. Esta es una condición que el mercado de la construcción está exigiendo.

De aquí en adelante, por simplicidad se debe desterrar la referencia de especificar "madera seca". Para realizar una adecuada especificación técnica de madera para uso definitivo en la construcción, se debe incorporar la condición de secado pre-establecido. Por ejemplo: madera seca con un 12% de contenido máximo de humedad.

1.8 CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DEL PINO RADIATA

La madera de Pino radiata puede ser clasificada estructuralmente mediante dos métodos normalizados. El primero de ellos y el más conocido a nivel nacional, es la **clasificación estructural visual**, la que se basa en establecer en una pieza de madera, la razón de área nudosa presente en su interior, que provoca desmedro o incluso anula las propiedades mecánicas de la pieza. Otro método de clasificación ampliamente utilizado en Chile, pero poco conocido aún, es la **clasificación estructural mecánica**, la cual consiste en medir el módulo de elasticidad de las piezas por medio de métodos mecanizados y automatizados.

1.8.1 Clasificación estructural visual

Cada pieza de madera, como consecuencia de las características individuales del árbol de origen, posee también características singulares. Por ello, es posible establecer un número indeterminado de **grados estructurales**, pero por razones de economía y conveniencia en la distribución y comercialización, resulta necesario agrupar en cantidad.

Cada **grado estructural** consiste en un agrupamiento de piezas ligeramente diferentes, pero igualmente adecuadas para el uso o aplicación prevista para ellas.

En aquellas clasificaciones destinadas a usos en los que se debe garantizar **propiedades mecánicas admisibles**, las normas de clasificación limitan la presencia de caracteristicas con efectos reductores sobre dichas propiedades.

Para Pino radiata, se ha podido comprobar que la característica de crecimiento que afecta en mayor proporción las propiedades mecánicas **es la presencia de nudosidades.**

En segundo plano, quedan los efectos de incorporación de médula, inclinación de la fibra y velocidad de crecimiento, entre otros.

Por ello, el criterio de clasificación visual se basa en el riguroso control del tamaño, ubicación y frecuencia de los nudos. Se recurrió para estos efectos al método de **Razón de Area Nudosa, RAN,** desarrollado en Inglaterra y adoptado posteriormente por las principales normativas europeas y de Oceanía.

Descrito en términos simples, consiste en que el clasificador, después de decidir la sección más débil de la pieza, debe visualizar la geometría de proyección del nudo o grupo de nudos presentes en dicho sector.

Para entender lo que se denomina **geometría de proyección de nudos**, se establece como sección de la pieza en estudio, un volumen transparente y cuerpos de nudos en su interior como material opaco.

El método se aplica examinando piezas en terreno, mediante la obtención de gráficos de nudos en las secciones transversales estimadas como críticas.



Figura 1 - 67: Proyección del nudo en la sección interior de la pieza.

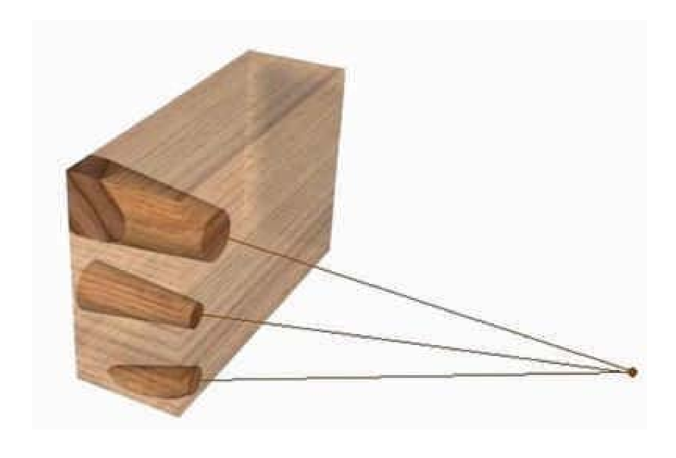


Figura 1 - 68: Proyección cónica del nudo fuera de la sección de la pieza.

En el trazado, se indica que los nudos se desarrollan en forma cónica desde la médula hacia la periferia.

En una clasificación comercial, el técnico clasificador hace una estimación visual de la RAN, sin mediciones físicas y en lapsos reducidos. Para ello se basa en la habilidad ganada durante su capacitación por la aplicación de las técnicas descritas.

Los nudos ubicados en zonas de borde se procesan en forma más severa. Por esto, el clasificador debe preocuparse especialmente de los cuartos adyacentes al espesor de pieza (cantos). La **razón de área nudosa en las zonas de borde**, se designa como RANB y en su valoración, se considera siempre el canto más desfavorable de ambos.

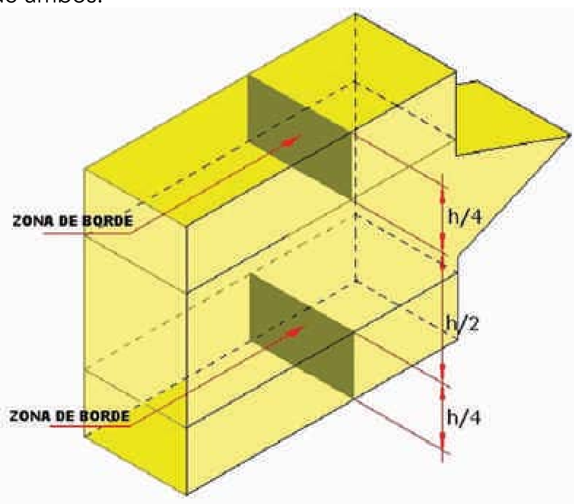


Figura 1-69: Proyección de la zona de borde en una pieza de madera.

Con el objeto de mantener como estándar una tensión admisible en flexión de 5 Mpa que debe resistir la pieza de madera, (según clasificación estándar internacional nivel F5 australiana*), se considera conveniente incorporar en la clasificación el concepto de **condición de borde**, situación que se manifiesta cuando más del 50% de una zona de borde de la sección transversal crítica se encuentra ocupada por nudos.

Al existir una condición de borde, las restricciones de RAN para un mismo grado son más rigurosas que las establecidas para situaciones en la que no existe condición de borde.

** La clasificación estructural visual de la madera aserrada de Pino radiata. Comité Regional de Promoción del uso de la madera en la construcción de viviendas sociales. Concepción, Junio 2001.*

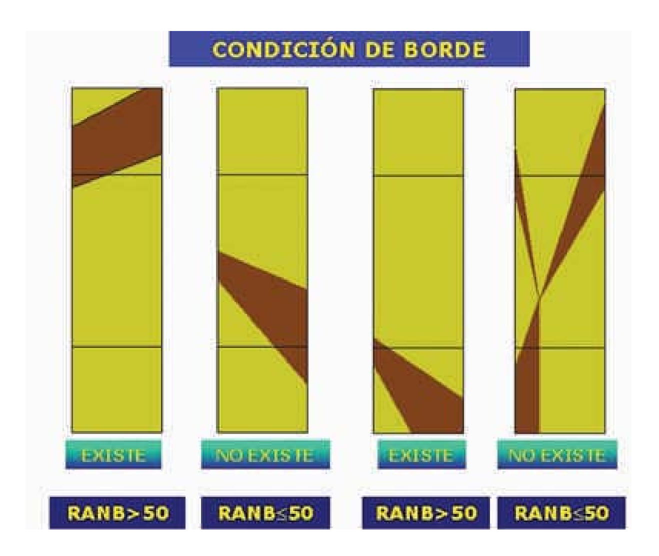


Figura 1-70: Condición de borde según proyección de razón de área nudosa en zonas de borde.

Dependiendo entonces de la razón de área nudosa y la razón de área nudosa en zonas de borde, la madera de Pino radiata puede ser clasificada en tres categorías estructurales:

- **Grado GS** o selecto: es aquel en que RAN fluctúa entre 20 y 33,3% y no existe condición de borde.
- **Grado G1:** Aquel en que RAN fluctúa entre 33,3 y 50% y no existe condición de borde. También corresponde a esta clasificación, si existiendo condición de borde, la RAN no excede el 33,3%.
- **Grado G2:** Aquel en que RAN fluctúa entre 50 y 66,7% y además existe condición de borde.
- Si la pieza presenta en su sección de área nudosa más desfavorable una RAN mayor a 66,7%, simplemente se descarta o rechaza.

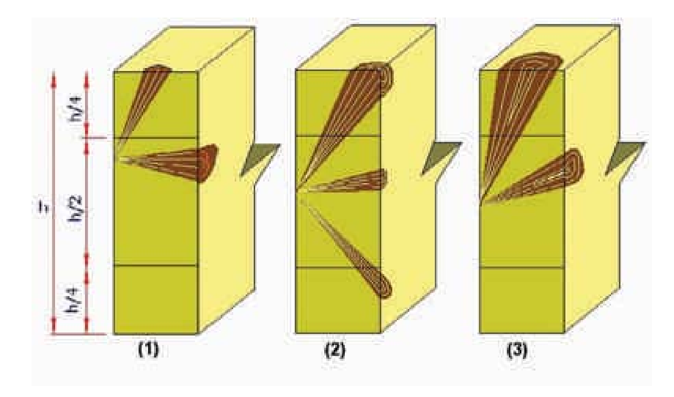


Figura 1-71: Ejemplos de aplicación en la determinación de grados estructurales de la madera.

En la **Figura 1-71** se presentan tres ejemplos para interpretar y determinar el grado estructural de la madera, en base a la clasificación estructural visual:

En el caso (1) se puede observar que la RANB, en el cuarto superior de la pieza, es inferior al 50%, por lo tanto no existe condición de borde. Por otra parte, la RAN total de la pieza es inferior al 33%. Luego, la pieza corresponde a una clasificación estructural GS o grado selecto.

En el caso (2), la RANB en el cuarto superior de la pieza es inferior al 50%, por lo tanto, no existe condición de borde. Sin embargo, la RAN en la sección total de la pieza, se encuentra entre 33,3 y 50%. Entonces, la pieza clasifica estructuralmente como G1 o grado 1.

Finalmente, en el caso (3), en el cuarto superior de la pieza la RANB es mayor que 50%, por lo tanto existe condición de borde. No obstante lo anterior, la RAN total en la sección de la pieza es menor que 33,3%. Por lo tanto, la pieza clasifica estructuralmente como G1 o grado 1.

1.8.2 Clasificación estructural mecánica

El concepto de **clasificación estructural mecánica** de la madera fue estudiado en forma simultánea en varios países a principios de 1960. La inquietud de dicho estudio surgió por la necesidad de mejorar la eficiencia que entregaba la clasificación estructural visual, en la estimación de las propiedades resistentes de la madera.

El proceso de clasificación estructural mecánica sólo se hizo posible cuando se verificó la existencia de una relación entre la resistencia de flexión, compresión y tracción, y el **módulo de elasticidad en flexión (Ef)**, determinado en luces cortas. El posterior diseño de una máquina capaz de medir el **Ef** permitió la clasificación de piezas de madera con propiedades resistentes superiores a un valor mínimo previamente establecido.

Las actuales máquinas de clasificación estructural usan esencialmente el mismo principio. Cada pieza de madera que se clasifica es deformada en una de sus caras como viga, y la magnitud de fuerza asociada con la deformación constante aplicada por la máquina, permite determinar el valor del **Ef**.

Con ese valor, se estiman las propiedades resistentes y con ellas, la clasificación de las piezas.

La clasificación estructural mecánica está especialmente indicada para piezas que serán utilizadas como envigados, tijerales, escaleras y muros estructurales.

La madera clasificada estructural en el mercado nacional se rige por la norma británica BS EN-519: 1995 y las piezas comercializadas llevan un timbre que garantiza su resistencia.

Las piezas de madera clasificadas con el sistema estructural mecánico, tienen las siguientes características:

- **Piezas estables y derechas**
- **Cubren luces de hasta 4,80 m en vigas y tijerales**
- **Sus fijaciones ofrecen una mejor retención**
- **El contenido de humedad promedio es del 12%**

En Chile existen máquinas de clasificación estructural mecánica que permiten contar en el mercado con madera clasificada.

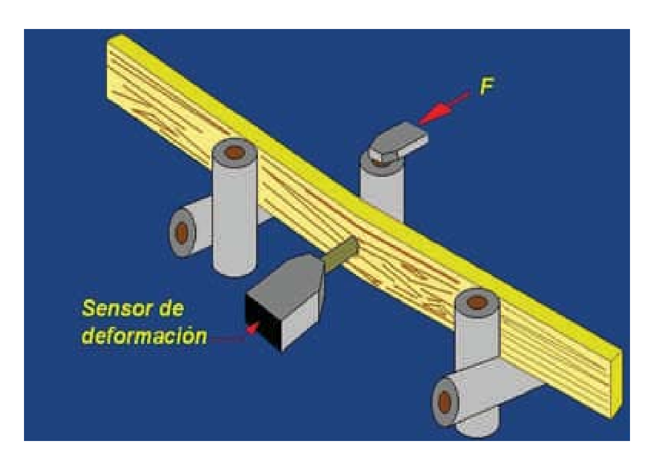


Figura 1 - 72: Esquema de funcionamiento de la máquina de clasificación estructural mecánica.

En la **Tabla 1- 4** se presenta la clasificación estructural de la madera referida a la norma BS EN 368. En ella se indica una serie de propiedades mecánicas de la madera para el cumplimiento de requerimientos estructurales pre-establecidos.

CLASE ESTRUCTURA SEGUN BS EN 368			
PROPIEDAD	**UNIDAD**	**C-16**	**C-24**
Flexión paralela	N/mm2	5,3	7,5
Tracción paralela	N/mm2	3,2	4,5
Compresión paralela	N/mm2	6,8	7,9
Compresión normal	N/mm2	2,2	2,4
Cizalle paralelo	N/mm2	0,67	0,71
Módulo de elasticidad promedio	N/mm2	8.000	10.800
Módulo de elasticidad mínimo	N/mm2	5.400	7.200
Densidad característica	Kg/m3	310	350
Densidad promedio	Kg/m3	370	420

Tabla 1 - 4: Clase estructural de la madera según normativa británica BS-EN 368.

1.9 MADERAS COMERCIALES

Las maderas comerciales pueden clasificarse en cuatro grandes grupos:

- Madera aserrada y cepillada
- Molduras de madera
- Maderas reconstituidas
- Maderas laminadas

1.9.1 Madera aserrada y cepillada

La madera aserrada y cepillada se comercializa en piezas cuya dimensión nominal se conoce como **escuadría de la pieza** y se expresa en milímetros.

No obstante lo anterior, para entender las dimensiones de la madera de Pino radiata, es necesario tener presente ciertos aspectos legales y normativos.

De acuerdo a la legislación vigente, en Chile se utiliza el sistema métrico decimal (Ley de 1848). Además, por Decreto Supremo N° 1379 de 1998, Chile adopta el acuerdo de Obstáculos Técnicos de Comercio de ALADI, en el que se consigna el uso obligatorio del Sistema Internacional de Unidades. La Ley de Protección de los Derechos de los Consumidores (Ley N° 19.486, Artículo 32) también consigna el uso del sistema de unidades adoptado por Chile.

Por uso y costumbre, la madera de Pino radiata que se comercializa en Chile utiliza como unidad para espesor y ancho la pulgada y como unidad para volumen, la pulgada maderera.

Con el objeto de facilitar la comprensión y promover el buen uso de la nueva norma chilena NCh 2824 Of. 2003, Maderas - Pino radiata - Unidades dimensiones y tolerancias, se introduce el concepto de **Denominación Comercial** (DC), que corresponde a una designación adimensional de las dimensiones nominales de piezas de madera de Pino radiata.

Por ello, a partir de una pieza de madera expresada en dimensiones nominales, se pueden establecer o especificar tres tamaños de escuadría:

- **Aserrada verde**
- **Aserrada seca**
- **Cepillada seca**



Figura 1-73: Piezas de madera cepillada de Pino radiata de diferentes escuadrías.

En el Anexo I se presenta la tabla de espesores y anchos nominales para madera de Pino radiata y sus dimensiones, según la elaboración que se especifique.

DIMENSION NOMINAL (mm)	DENOMINACION COMERCIAL (adimensional)
13	1/2
19	3/4
25	1
38	1 1/2
50	2
63	2 1/2
75	3
88	3 1/2
100	4
125	5
150	6
175	7
200	8
225	9
250	10

Tabla 1- 5: Equivalencias entre la dimensión nominal y la denominación comercial.

La madera de Pino radiata puede tener los siguientes usos:

- **Construcción pesada**
- **Postes de transmisión**
- **Postes de cerco y rodrigones**
- **Estructura para construcción**
- **Vigas, techos, cerchas**
- **Pisos**
- **Revestimientos exteriores**
- **Revestimientos interiores**
- **Muebles y guarniciones interiores**
- **Embalajes**
- **Moldajes o encofrados**
- **Chapas**
- **Contrachapados**
- **Pulpa mecánica**
- **Pulpa química (celulosa)**
- **Tableros de fibra**
- **Tableros de partículas**

1.9.2 Molduras de madera

Las molduras se obtienen a partir de madera aserrada seca a la cual, por medio de máquinas, herramientas y equipos especiales, se confiere una determinada forma para cumplir en servicio con objetivos específicos de terminación, acabado, protección y decoración.

Las molduras de madera comúnmente comercializadas se clasifican en tres grupos :

Grupo1: Molduras Interiores (MI)

Son molduras para utilizar en forma horizontal o vertical para el revestimiento interior de tabiques y en aplicaciones tales como:

- **Cielos (C)**
- **Pisos (P)**

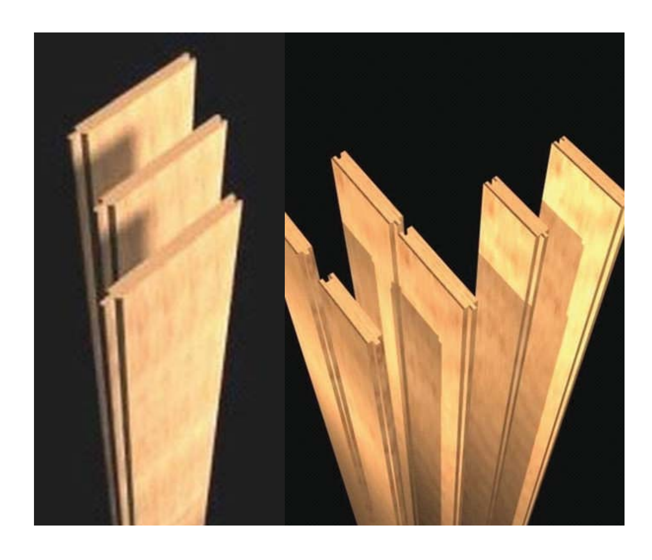


Figura 1 - 74: *Molduras para revestimiento interior que se pueden disponer en forma horizontal o vertical.*

Grupo 2: Molduras Exteriores (ME)

Molduras utilizadas exclusivamente en forma horizontal, para el revestimiento exterior de tabiques. Las molduras exteriores sólo se clasifican en:

- **Revestimiento horizontal (R)**



Figura 1 - 75: *Moldura usada en forma horizontal para el revestimiento exterior de tabiques.*

Grupo 3: Molduras Decorativas (MD)

Molduras utilizadas en terminaciones generalmente de carácter decorativo, tales como:

- **Balaustres (BA)**
- **Cornisas (CO)**
- **Cuarto rodón (CR)**
- **Esquineros (ES)**
- **Guardapolvos (GP)**
- **Junquillos (JN)**
- **Pilastras (PL)**
- **Tapajuntas (TJ)**



Figura 1 - 76: Perfiles de madera de pino radiata, guarda polvos y pilastras.

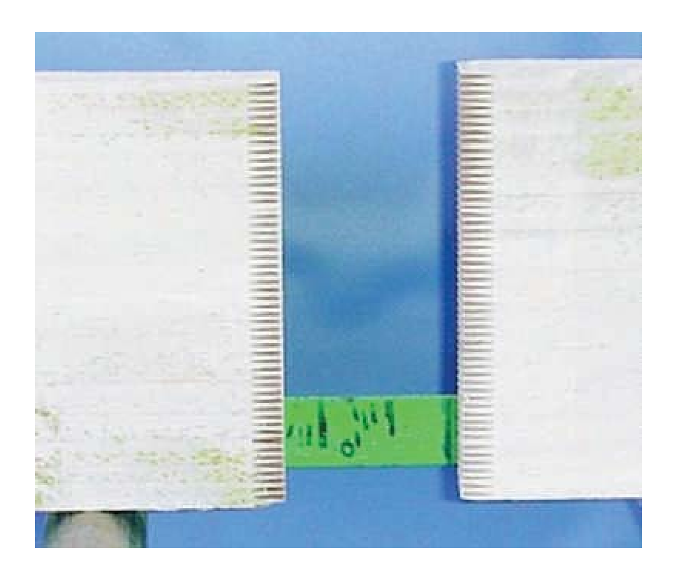
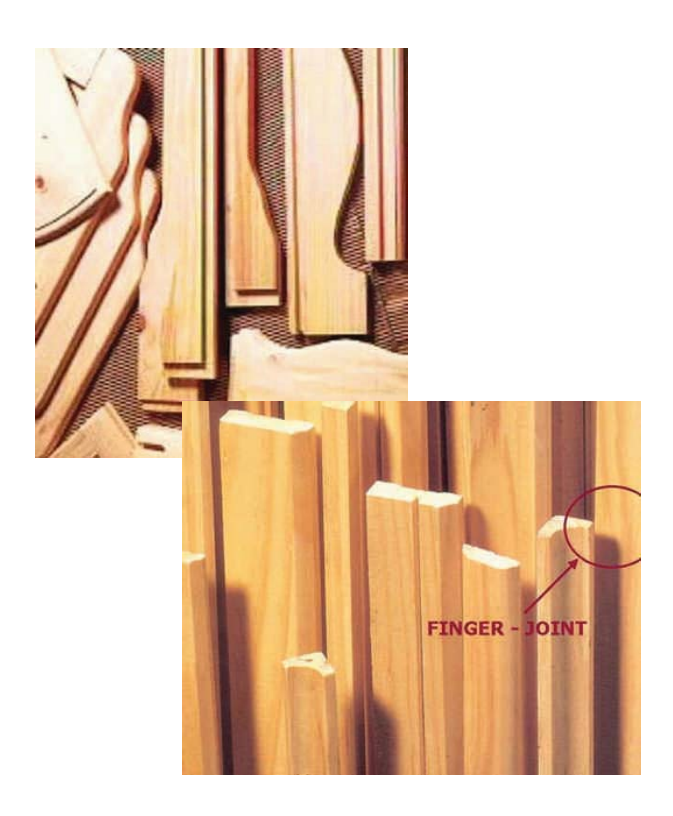


Figura 1 - 79: Perfiles decorativos de uso interior con unión finger-joint que serán pintados como terminación.



Figuras 1 – 77 y 78: Uniones mediante finger-joint o multidedo: se basan en realizar un dentado y contradentado a la madera, aumentando al máximo la superficie de unión, y por tanto la resistencia de ésta. La tecnología finger-joint se basa en que la unión de las partes se realice mediante la zona lateral de los dedos, por lo que siempre debe quedar un mínimo espacio en la testa de los dedos.

GRUPO	APLICACIÓN / NOMBRE	DESIGNACIÓN	DIMENSIONES NOMINALES (mm)	CARA DE AVANCE (Designación WMPA)	PERFIL DE LA MOLDURA
1	Revestimiento	MI/R-7	19 x 115	108	
	Revestimiento	MI/R-15	19 x 140	126	
	Cielo	MI/C – 1	8 x 65	60	
	Piso	MI/P – 3	19 x 90	83	
2	Revestimiento	ME/R – 4	19 x 114	98	
3	Balaustro	MD/BA – 1	32 x 32	-	
	Cornisa	MD/CO – 1	14 x 32	-	
	Guardapolvo	MD/GP – 2	14 x 45	-	

Tabla 1- 6: Ejemplos representativos de molduras de madera por aplicación, designación y perfil, según norma chilena NCh 2100 Of 2002.

La designación y dimensiones para molduras de madera están definidas en la norma chilena NCh 2100 CR 2002, Maderas-molduras- designaciones y dimensiones. En la Tabla 1- 6 se indican ejemplos representativos de molduras de madera ordenados por aplicación, dimensiones y perfil.

1.9.3 Maderas reconstituidas

Se entiende por maderas reconstituidas todo panel (nombre genérico que se refiere a material que se produce en fábrica) elaborado con derivados de la madera. El grupo más importante lo forman los tableros a base de madera que pueden ser de madera maciza, chapas, cintas, partículas, fibras, cortezas o a partir de otras materias primas lignocelulósicas en forma de tallos, partículas o fibras que dan origen a:

- **Tableros contrachapados**
- **Tableros de fibra**
- **Tableros de partículas**
- **Tableros enlistonados (placa carpintera)**

La ligazón requerida entre los derivados de la madera que conforman el tablero se logra por las propiedades adhesivas inherentes al material (algunos tableros de fibras) o por la adición de agentes de aglutinación orgánicos (tableros de partículas) durante su fabricación o bien un aglutinante inorgánico como el cemento Portland, obteniendo o aumentando determinadas propiedades del tablero.

Estos tableros pueden ser utilizados en una amplia gama de soluciones que van desde requerimientos estructurales hasta fines decorativos y equipamiento (muebles, clóset y otros). Dependiendo del tamaño de los granos de madera, del tipo de chapa que se utilice, el adhesivo y tipo de unión, se clasifican en:

- **Tableros estructurales**
- **Tableros no estructurales**

1.9.3.1 Tableros estructurales:

- **Contrachapados**
- **De hebras orientadas (OSB)**

1.9.3.1.1 Tableros contrachapados (Plywood)

El tablero contrachapado, según la Norma NCh 724 Of. 79 (Paneles a base de madera, tableros, vocabulario), es aquel formado por superposición de láminas previamente encoladas. En general las láminas se disponen simétricamente a ambos lados de una lámina central o alma, de modo que los granos de dos láminas consecutivas se crucen entre sí, generalmente en ángulo recto.

Los tableros contrachapados son elaborados principalmente a base de chapas o folias de Pino radiata, las cuales se adhieren entre sí perpendicularmente al sentido de sus fibras, siempre en caras impares, para lograr mayor estabilidad y resistencia.

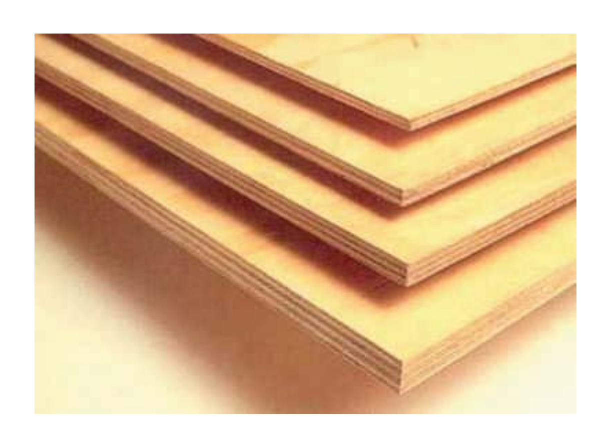


Figura 1 - 80: Contrachapados según diferentes espesores.

La fabricación de estos tableros comprende la colocación de una chapa sobre la otra con sus fibras orientadas en forma perpendicular.

Están constituidos por un número impar de chapas, en que las exteriores tienen la fibra orientada en sentido longitudinal del tablero.

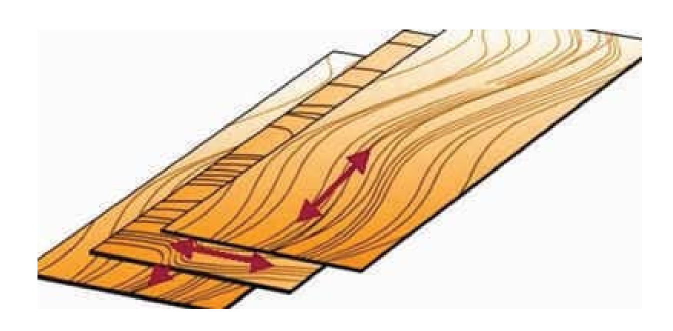


Figura 1 - 81: Número impar de chapas, la orientación de las fibras es perpendicular entre las chapas.

Dependiendo del uso requerido, sus caras pueden presentar grados de terminación variados, si son especificados para fines estructurales o en la confección de moldajes para hormigón.

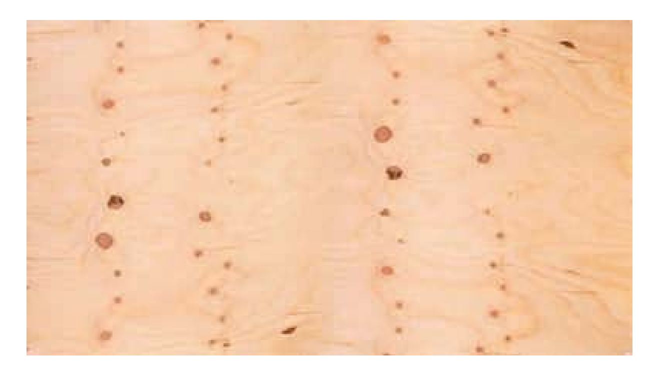


Figura 1 - 82: Tablero contrachapado con grados de cara C/D para fines estructurales o soportantes, en elementos horizontales, inclinados y verticales de construcción.



Figura 1 - 83: Tablero contrachapado con grados de cara An/B para confección de moldajes en hormigón, revestimientos interiores, muebles, clóset y elementos decorativos.

Los principales grados de cara de los tableros contrachapados de Pino radiata se indican en la siguiente tabla:

GRADO	DESCRIPCION
An	Cara sólida, libre de nudos mayores de 10 mm y lijada. Sin reparaciones sintéticas. Sólo se permiten reparaciones con pasta base de madera
B	Cara sólida con reparaciones menores. Se permiten nudos ocasionales firmes, de hasta 20 mm y defectos de lijado menores.
C	Superficie sin lijar. Se permiten nudos firmes e imperfectos hasta 40 mm. También acepta perforaciones hasta 25 mm.
D	Superficie no reparada, permite nudos firmes y sueltos, agujeros de nudos hasta 65 mm. Se aceptan grietas y partiduras hasta 25 mm.

Tabla 1- 7: Equivalencias entre la dimensión nominal y la denominación comercial.

En la fabricación de tableros contrachapados se pueden identificar las siguientes etapas de producción:

- **Tronzado**
  Es una operación que tiene por objeto sanear y dimensionar la longitud de trozas antes de la entrada al torno de debobinado.

- **Descortezado**
  Se elimina la corteza de las trozas para evitar que piedras y arenas incrustadas deterioren los cuchillos del torno de debobinado.

- **Estufado o vaporizado**
  Consiste en sumergir en agua caliente o aplicar vapor a la troza ya descortezada por un período de 12 a 48 horas, con el objeto de ablandarla y facilitar el debobinado.

- **Debobinado**
  Es la operación clave en la fabricación de los tableros contrachapados. Consiste en situar la troza centradamente en los puntales de la máquina debobinadora, mediante un lector óptico.

  Los puntales o garras del debobinador, hacen girar la troza a una velocidad determinada y constante. Posteriormente un cuchillo debobinador la desmenuza hasta un diámetro de 8 a 12 cm aproximadamente, obteniendo un producto secundario (polín).

- **Cizallado**
  En esta etapa se dimensiona el ancho y longitud de las chapas.

- **Secado**
  Etapa previa al encolado en que las chapas son secadas hasta alcanzar 7 a 8% de humedad.

- **Encolado**
  Se realiza mediante rodillos encoladores. Se utilizan adhesivos de tipo fenol formaldehído, los cuales confieren a estos tableros elevadas características de resistencia, tanto en ambientes secos como húmedos o a la intemperie.

- **Formación**
  Se realiza disponiendo transversalmente las chapas pares encoladas y las impares sin encolar.

- **Prensado**
  Se realiza mediante prensas de platos planos en caliente y por acción hidráulica.

- **Escuadrado**
  Se realiza el corte y saneado de cantos en los tableros.

- **Lijado y calibrado**
  Tiene por objeto dar el espesor final al tablero, así como la calidad de la superficie, de acuerdo a los grados anteriormente señalados.



Figura 1 - 84: Ejemplos de aplicación de los tableros contrachapados en requerimientos estructurales y decorativos.

Más adelante se indicarán las principales utilizaciones, formatos y espesores de estos tableros y su forma de colocación y fijación a los entramados de madera.



Figura 1-85: Ejemplo de aplicación de tableros contrachapados en moldajes para elementos de hormigón armado.

1.9.3.1.2 Tableros de hebras orientadas (OSB)

Los tableros de hebras orientadas (Oriented Strand Board, OSB) son fabricados en base a hebras de madera rectangulares, adheridas con ceras y adhesivos fenólicos. Dispuestas en tres capas orientadas perpendicularmente entre sí, prensadas a alta temperatura y presión, cortadas, selladas en los cantos y embaladas. El uso de resinas fenol formaldehído (resistentes al agua) les confiere elevadas características de resistencia física y mecánica.

Se recomiendan especialmente para aplicaciones estructurales en elementos verticales, inclinados y horizontales.

Los formatos y espesores de estos tableros y su forma de colocación y fijación a los entramados de madera, se indicarán más adelante.

Se recomienda al adquirir estos tableros exigir la certificación del proceso de fabricación por una entidad especializada.



Figura 1 - 86: Tablero de hebras orientadas OSB.



Figura 1 - 87 : Construcción en altura en estructura de madera y tableros de hebras orientadas, como elemento arriostrante de los entramados verticales.

1.9.3.2 Tableros no estructurales

- **De fibra**
- **De partículas**
- **De listones**

1.9.3.2.1 Tableros de fibra

Los tableros de fibra son aquellos formados a base de madera desfibrada u otros materiales lignocelulósicos fibrosos, sometidos a alta presión y temperatura sin el uso de cola o aglutinante, conformando un tablero duro y delgado (NCh 724 Paneles a base de madera – Tableros - Vocabulario).

Se clasifican en base a sus densidades y método de fabricación, dividiéndose en prensados y no prensados.

Se distinguen:

1.9.3.2.1.1 Tableros de fibras prensadas

a) Tableros de fibras HDF (High Density Fiber)
La densidad de estos tableros fluctúa entre 0,8 y 1,2 gr/ cm3.

Se presentan dos tipos:

- Tableros corrientes, tal como se producen en fábrica.
- Tableros sometidos a tratamientos después de fabricados, como calentamiento especial para aumentar su solidez y resistencia al agua o pueden ser inmersos en mezcla de aceites secantes.

Las aplicaciones de estos tableros en la construcción son en revestimientos de puertas interiores y muebles de cocina.

Por su bajo espesor no se recomiendan para usos estructurales.

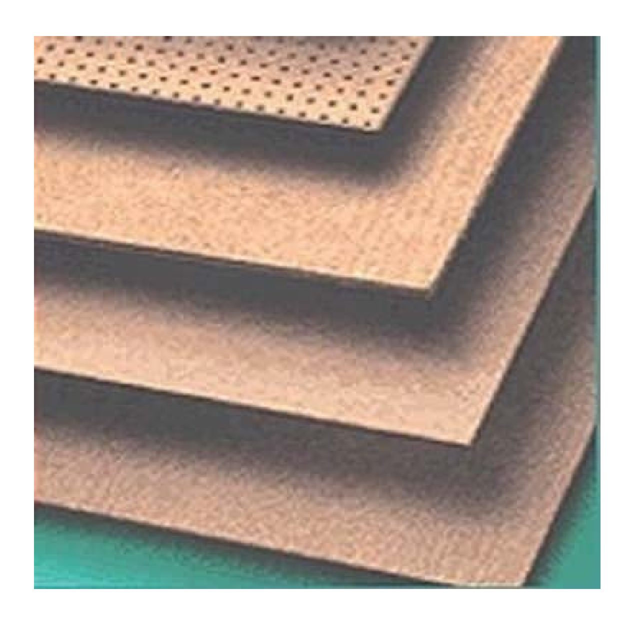


Figura 1 - 88 : Tableros de fibras HDF.

b) Tableros de fibras MDF (Medium Density Fiber)
Los tableros de fibras de densidad media son fabricados en forma similar a los de HDF, sin embargo su densidad sólo fluctúa entre 0,4 y 0,8 gr/cm3.

Por las características del tablero, se recomienda su uso especialmente en la industria del mueble, pudiendo ser aplicado también en construcción bajo ciertos criterios especiales de aplicación.



Figura 1 - 89: Los tableros de MDF poseen la característica de ser fácilmente moldeables, fresables y cortables.



Figura 1 - 90: Ejemplo de aplicación de MDF en la fabricación de molduras (pilastras, cornisas, cubrejuntas, tapajuntas) prepintadas para terminaciones interiores.

1.9.3.2.1.2 Tableros de fibras no prensadas
Son tableros de una densidad máxima de 0,4 gr/cm3.

Se identifican dos tipos:

- Tableros aislantes semi-rígidos, cuya densidad está entre 0,02 y 0,15 gr/cm3. Su utilización principalmente es como aislante térmico y acústico.

- Tablero aislante rígido, cuya densidad está entre 0,15 y 0,40 gr/cm3. Su utilización también es como aislante.

1.9.3.2.2 Tableros de partículas
Tableros de madera formados por partículas de 0,2 a 0,5 mm de espesor con un aglutinante orgánico, en unión de uno o más de los siguientes agentes:

- **Calor**
- **Presión**
- **Humedad**
- **Catalizador**

Se excluyen los tableros de lana de madera u otros con aglutinantes inorgánicos.

Se clasifican según su densidad y según el método con que son fabricados:

- Tableros de partículas de baja densidad. Densidad hasta un máximo de 0,4 gr/cm3. Se utilizan como paneles aislantes del ruido y calor.

- Tableros de partículas de densidad media. Su densidad fluctúa entre 0,40 y 0,80 gr/cm3.

En el proceso de fabricación también intervienen métodos de presión y temperatura.

Pueden utilizarse como revestimiento de tabiques divisorios interiores, muebles, clósets y elementos decorativos, cuando se les incorpora además, enchapados de madera o cubiertas melamínicas.

- Tableros de partículas de gran densidad. Densidad superior a 0,80 gr/cm3.

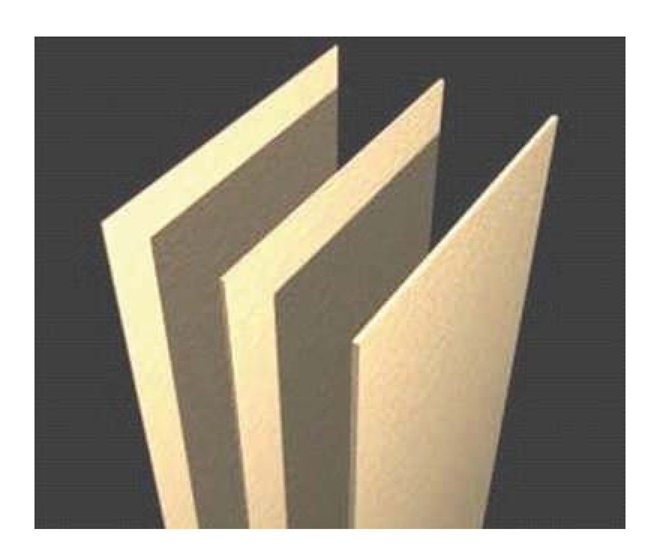


Figura 1 - 91: Tableros de partículas utilizados como divisiones interiores de clóset, revestimientos de tabiques interiores.

1.9.3.2.3 Tableros enlistonados
También conocidos como placa carpintera, son tableros formados a base de tablas, tablillas o listones angostos, dispuestas una junto a otra conformando un panel recubierto con chapas por ambas caras.

Se clasifican en:

- **Entulipados:** formados por un alma de tablas, tablillas o listones y láminas de madera (tulipa), cuya terminación es lijado apto para ser pintado. Su uso normal es como moldajes de hormigón a la vista.

- **Enchapados:** semejantes a los entulipados, a los que se pega en ambas caras enchapaduras de maderas finas (especies nativas). Su uso normal es como muebles y revestimiento.

1.9.4 Madera laminada

1.9.4.1 Introducción

La madera laminada es un producto industrial que se ha utilizado en el mundo desde hace muchos años, pero en las últimas cuatro décadas su uso se ha incrementado notoriamente. Este producto tiene una alta aplicación en la vida cotidiana de las sociedades desarrolladas, desde la construcción de edificaciones hasta reemplazar productos que provienen de recursos naturales, por lo que ha adquirido un alto valor industrial y social.

Es un material renovable, acumulador natural de energía solar, poco necesitado de energía de trasformación, no productor de agentes contaminantes y completamente reutilizable o reciclable.

En Chile se fabrica con Pino radiata, uniendo piezas entre sí por medio de unión finger-joint en sentido longitudinal y una pieza sobre otra, pegadas con adhesivo en las caras.

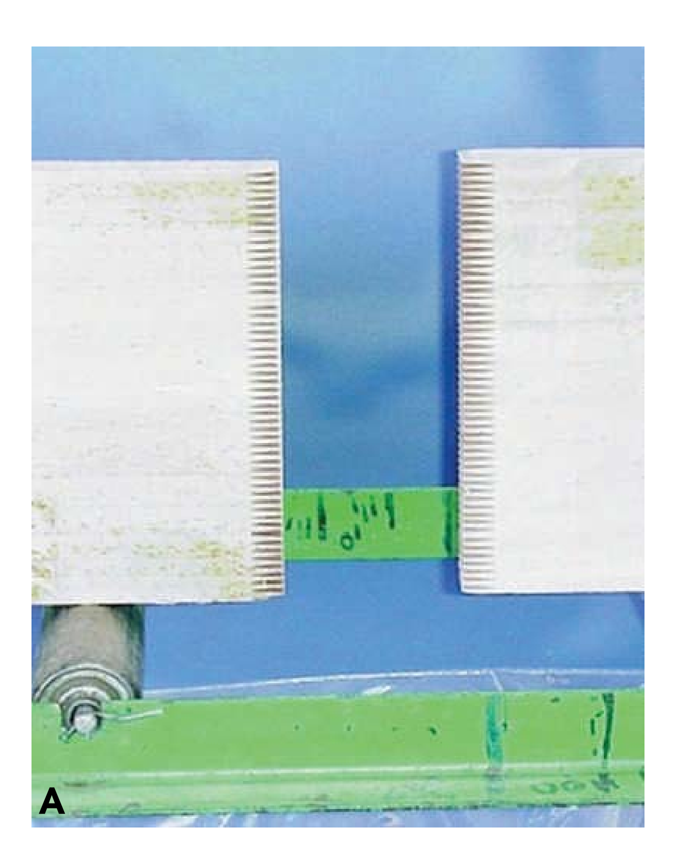




Figura 1 - 92: ***A)*** *Pieza de Pino radiata en que se ha eliminado nudo, se somete al proceso de confección de los dedos para la unión.* ***B)*** *Unión de las piezas, logrando continuidad de la pieza.*



Figura 1 - 93: Unidas las diferentes piezas por las caras, se somete al cepillado lateral.

Se pueden desarrollar diversas formas y dimensiones, tanto en escuadría como en largo.



Figura 1 - 94: Vigas curvas de variados radios circulares o de radios compuestos.

El resultado es la fabricación de grandes vigas, tanto rectas como curvas, que permiten cubrir grandes luces.



Figura 1 - 95: Aplicación de la madera laminada en estructuras de grandes luces, construcción industrial.

Elementos estructurales fabricados bajo condiciones técnicamente controladas. La unión con adhesivos es de calidad estructural y resistente a condiciones climáticas.

Normalmente, la madera laminada es fabricada con Pino radiata de calidad estructural grado G2 o superior, especificada en la norma chilena NCh 1198, seca en cámara y con un contenido de humedad inferior al 14%.

En su fabricación están presentes las normas NCh 176-1, NCh 992, NCh 1207, NCh 2148, NCh 2149, NCh 2150 y NCh 2151.



Figura 1 - 95: Aplicación de la madera laminada en estructuras de grandes luces, construcción industrial, arquitecto José Cruz Ovalle.

La madera cuando está expuesta a la intemperie, puede ser atacada por distintos elementos xilófagos o biológicos, viento, lluvia, y la acción solar; rayos UV e infrarrojos.

Para evitar su acción destructiva, la madera se somete a un proceso de impregnación, por medio del cual se introduce a presión un compuesto químico, a base de cobre-cromo-arsénico, que reacciona con la celulosa y lignina, formando un precipitado insoluble que modifica la composición del material leñoso; por lo tanto, lo inutiliza como alimento para los diferentes xilófagos.

1.9.4.2 Características y propiedades

Dadas sus características naturales y adecuados diseños, la madera laminada ofrece grandes ventajas con respecto a estructuras de acero u hormigón, tales como:

- **Liviandad:** el peso propio de los elementos laminados son bastante inferiores a los elementos tradicionales de acero u hormigón, significando una reducida inercia, que en países sísmicos como Chile constituye una importante ventaja.



Figura 1 - 97: Pasarela peatonal ciudad de Concepción, arquitecto Ricardo Hempel.

- **Flexibilidad:** se logran diseños de formas diversas, cubriendo grandes luces sin apoyos intermedios.



Figura 1 - 98: Flexibilidad en las soluciones constructivas con aporte a la estética.

- **Aislación térmica:** como ya se mencionó, la madera tiene una transmitancia térmica inferior a los materiales tradicionales (acero y hormigón), lo que significa excelentes propiedades aislantes.

- **Resistencia química:** En ambientes ácidos o alcalinos no reacciona con agentes oxidantes o reductores.



Figura 1 - 99: Pasarela peatonal ciudad de Valparaíso, arquitecto José Cruz Ovalle.

- **Resistencia al fuego:** La madera laminada resiste por largo tiempo una eventual exposición ante las llamas. Muchos ensayos han demostrado que sólo se compromete 1,5 a 2,0 cm de la superficie exterior.



Figura 1 - 100: Resultado del ensaye a la resistencia al fuego.

- **Estética:** el grado de terminación y calidez de la madera se hace presente en forma notable en las estructuras de madera laminada encolada.



Figura 1 - 101: Museo interactivo, ciudad de Santiago. Arquitecto Martín Hurtado Covarrubias.

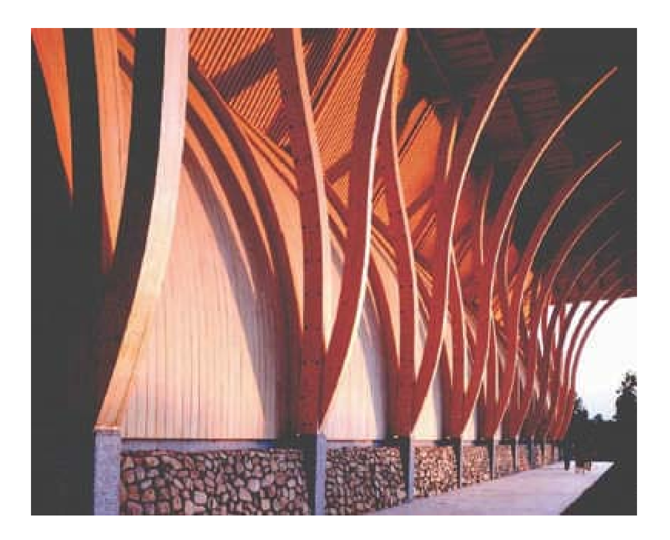


Figura 1 - 102: Viña Pérez Cruz, arquitecto José Cruz ovalle.



Figura 1 - 103: *Viña Los Robles, arquitecto José Cruz Ovalle.*

1.9.4.3 Mantención de una estructura de madera laminada

No se necesita inmunizar la madera frente a la acción de elementos biológicos macrocelulares, insectos y perforadores marinos, pero sí se debe proteger su superficie con productos que tengan propiedades impermeabilizantes para evitar la captación de humedad por lluvia y/o humedad ambiental que puede generar proliferación de hongos manchadores y/o pudrición. Estos productos también tienen propiedades de filtro solar, protegiendo la acción oxidante de rayos ultravioletas e infrarrojos.

El viento tiene un efecto únicamente abrasivo, del punto de vista estético, al transportar partículas de tierra u otros que ensucian los materiales. En este caso se usa como protector un producto compuesto que posee propiedades preservantes e hidrorrepelentes fácilmente lavables.

BIBLIOGRAFIA

- American Forest & Paper Association, "Manual for Engineered word Construction", Washington D.C, EE.UU., 2001.
- American Forest & Paper Association, "Manual for Engineered wood Construction", AF&PA, Washington D.C, EE.UU. 1996.
- American Plywood Association, "Noise-rated Systems", EE.UU. 2000.
- American Plywood Association, "Wood Reference Handbook", Canadian Wood Council, Canadá, 1986.
- Arauco, "Ingeniería y Construcción en Madera", Santiago, Chile, 2002.
- Ball, J; "Carpenter and builder library, foundations-layouts-framing", v.3, 4° Edición, Editorial Indiana, 1977.
- Branz, "House Building Guide", Nueva Zelanda, 1998.
- Breyer, D; Fridley, K; Cobeen, K, "Design of wood structures" ASD, 4° Edición, Editorial Mc Graw Hill, EE.UU., 1999.
- Building Design & Construction, "Wood-framed building rising to greater heights", v.32 (2):77, 1991.
- Burrows, D, "Técnicas Básicas de Carpintería", Editorial Albatros S.A.C.I, Buenos Aires, Argentina, 2001.
- Canada Mortgage and Housing Corporation, CMHC, "Manual de Construcción de Viviendas con Armadura de Madera – Canadá", Publicado por CMHC, Canadá, 1998.
- Canadian Wood Council, "Introduction to Wood Design", Ottawa, Canadá, 1997.
- Canadian Wood Council, "Wood Design Manual", Ottawa, Canadá, 2001.
- Canadian Wood Council, "Introduction to wood building technology", Ottawa, Canadá, 1997.
- Carvallo, V; Pérez, V, "Manual de Construcción en Madera", 2° Edición, Instituto Forestal – Corporación de Fomento de la Producción, Santiago, Chile, 1991.
- Code NFPA; "Building Energy", EE.UU., 2002.
- Echeñique, R; Robles, F, "Estructuras de Madera", Editorial Limusa, Grupo Noriega editores, México, 1991.
- Faherty, K; Williamson, T, "Wood Engineering and Construction Handbook", 2° Edición, Editorial Mc Graw Hill, EE.UU., 1995.

- Gilbert, V; Lazcano, R; Martin, F; Vall-llosera, E, "Trabajos en Madera", 1° Edición, Ediciones Parramón S.A, España, 1997.

- Goring, L.J; Fioc, LCG, "First-Fixing Carpentry Manual", Longman Group Limited, Inglaterra, 1983.

- Guzmán, E, "Curso Elemental de Edificación", 2° Edición, Publicación de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, Santiago, Chile, 1990.

- Hageman, J; "Contractor's guide to the building code", Craftsman, Carlsbad, California, EE.UU., 1998.

- Hanono, M; "Construcción en Madera", CIMA Producciones Gráficas y Editoriales, Río Negro, Argentina, 2001.

- Heene, A; Schmitt, H, "Tratado de Construcción", 7° Edición Ampliada, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.

- Jiménez, F; Vignote, S, "Tecnología de la Madera", 2° Edición, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría General Técnica Centro de Publicaciones, Madrid, España, 2000.

- La clasificación estructural visual de la madera aserrada de Pino radiata. Comité Regional de Promoción del uso de la madera en la construcción de viviendas sociales. Concepción, Chile, 2001.

- Lewis, G; Vogt, F, "Carpentry", 3° Edición, Delmar Thomson Learning, Inc, Nueva York, EE.UU., 2001.

- Primiano, J, "Curso Práctico de Edificación con Madera", Editorial Construcciones Sudamericanas, Buenos Aires, Argentina, 1998.

- Villasuso, B, "La Madera en la Arquitectura", Editorial "El Ateneo" Pedro García S.A, Buenos Aires, Argentina, 1997.

- Spence, W, "Residencial Framing", Sterling Publishing Company Inc., Nueva York, EE.UU., 1993.

- Stungo, N; "Arquitectura en Madera", Editorial Naturart S.A Blume, Barcelona, España, 1999.

- Thallon, R; "Graphic Guide to Frame Construction Details for Builder and Designers", The Taunton Press, Canadá, 1991.

- Wagner, J; "House Framing", Creative Homeowner, Nueva Jersey, EE.UU., 1998.

- www.ine.cl (Instituto Nacional de Normalización).

- www.durable-wood.com (Wood Durability Web Site).

- www.pestworld.org (National Pest Management Association).

- www.awpa.com (American Wood-Preservers Association).

- www.awpi.org (American Wood Preservers Institute).

- www.citw.org (Canadian Institute of Treated Wood).

- www.fpl.fs.fed.us (Forest Products Laboratory U.S. Department of Agriculture Forest Service).

- www.forintek.ca (Forintek Canada Corp.).

- www.agctr.lsu.edu/termites/ (Louisiana State University).

- www.utoronto.ca/forest/termite/termite.htm (University of Toronto, Faculty of Forestry).

- www.preservedwood.com (American Wood Preservers Institute).

- www.creativehomeowner.com (The life style publisher for home and garden).

- www.corma.cl (Corporación Chilena de la Madera).

- www.canadianrockport.com (Canadian Rockport Homes Ltd.).

- www.minvu.cl (Ministerio de Vivienda y Urbanismo).

- www.lsuagcenter.com (Anatomía y física de la madera).

- www.lpchile.cl (Louissiana Pacific Ltda.).

- www.douglashomes.com (Douglas Homes).

- NCh 173 Of.74 Madera – Terminología General.

- NCh 174 Of.85 Maderas – Unidades empleadas, dimensiones nominales, tolerancias y especificaciones.

- NCh 176/1 Of 1984 Madera – Parte 1: Determinación de humedad.

- NCh 176/2 Of1986Mod.1988 Madera – Parte 2: Determinación de la densidad.

- NCh 176/3Of1984 Madera Parte 3: Determinación de la contracción radial y tangencial.

- NCh 177 Of.73 Madera - Planchas de fibras de madera. Especificaciones.

- NCh 178Of.79 Madera aserrada de pino insigne clasificación por aspecto.

- NCh 630Of.98 Madera – Preservación – Terminología.

- NCh 724 Of.79 Paneles a base de madera. Tableros. Vocabulario.

- NCh 760Of.73 Madera – Tableros de partículas. Especificaciones.

- NCh 761 Of 1980 Paneles a base de madera- Tableros – Determinación de las dimensiones y de la forma.

- NCh 762 Of1976 Planchas y tableros a base de madera – Determinación del contenido de humedad.

- NCh 789/1 Of.87 Maderas – Parte 1: Clasificación de maderas comerciales por su durabilidad natural.

- NCh 819 Of.2003 Madera preservada - Pino radiata – Clasificación y requisitos.

- NCh 969 Of 1986 Madera – Determinación de las propiedades mecánicas- Condiciones generales para los ensayos.

- NCh 973 Of 1986 Madera – Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de compresión paralela.

- NCh 974 Of 1986 Madera – Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de compresión perpendicular a las fibras.

- NCh 975 Of 1986 Madera – Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de tracción perpendicular a las fibras.

- NCh 976 Of 1986 Madera – Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de cizalle paralelo a las fibras.

- NCh 977 Of 1986 Madera – Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de clivaje.

- NCh 978 Of 1986 Madera – Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de dureza.

- NCh 979 Of 1986 Madera – Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de extracción de clavo.

- NCh 986 Of 1986 Madera – Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de tenacidad.

- NCh 987 Of 1986 Madera – Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de flexión estática.

- NCh 992 E Of.72 Madera - Defectos a considerar en la clasificación, terminología y métodos de medición.

- NCh 993 Of.72 Madera- Procedimiento y criterios de evaluación para clasificación.

- NCh 1040 c1972 Madera – Madera contrachapada para usos generales – Especificaciones.

- Nch 1198Of 1991 Madera – Construcciones en madera – Cálculo.

- NCh 1970/2 Of.88 Maderas Parte 2: Especies coníferas – Clasificación visual para uso estructural- Especificaciones de los grados de calidad.

- NCh 1989 Of.86 Mod.1988 Madera – Agrupamiento de especies madereras según su resistencia. Procedimiento.

- NCh 1990 Of.86 Madera – Tensiones admisibles para madera estructural.

- NCh 2059 Of 1999 Maderas – Tableros de fibra de densidad media y tableros de partículas-Determinación del contenido de formaldehído -Método de extracción denominado del perforador.

- NCh 2100 Of. 2003 Maderas – Molduras – Designación y dimensiones.

- NCh 2100 Of 1992 Maderas – Perfiles – Dimensiones nominales y tolerancias.

- NCh 2149 Of.89 Madera – Madera aserrada – Determinación del módulo de elasticidad en flexión – Método de ensayo no destructivo.

- NCh 2150 Of.89 Mod. 1991 Madera laminada encolada – Clasificación mecánica y visual de madera aserrada de Pino Radiata.

- NCh 2151 Of.89 Madera Laminada encolada estructural – Vocabulario.

- NCh 2165 Of. 1991 Tensiones admisibles para la madera laminada encolada estructural de Pino radiata.

- NCh 2824 Of. 2003 Maderas – Pino radiata – Unidades, dimensiones y tolerancias.


CORPORACION CHILENA DE LA MADERA
CORMA
CHILE PAIS FORESTAL

Unidad 2

PATOLOGIAS Y PROTECCION DE LA MADERA EN SERVICIO

Centro de Transferencia Tecnológica



Unidad 2

UNIDAD 2

PATOLOGIAS Y PROTECCION DE LA MADERA EN SERVICIO

2.1 INTRODUCCIÓN

Los aspectos que serán tratados en esta unidad se refieren a los factores que afectan a la madera por el hecho de ser materia orgánica, susceptible al ataque de seres vivos que pueden provocar su total degradación, a la acción de agentes bióticos que pueden destruirla o degradarla y al tratamiento necesario en función de los requerimientos de durabilidad a que vaya a estar expuesta la madera en servicio o encastillada para ser montada y formar parte de una estructura de una vivienda de madera.

Por estas razones, la imagen generalizada que se tiene de la madera es de un material poco durable. La verdad es que sólo en parte se puede afirmar que es así, ya que si se analiza que frente al oxígeno del aire la madera no reacciona, como sucede con los metales que se oxidan, o que es muy poco sensible a la luz que degrada los plásticos, se puede concluir que la madera es prácticamente inalterable por los agentes físicos del medio ambiente.

Por otro lado, con respecto a la presencia de insectos y hongos (agentes bióticos), la madera no es susceptible de ser atacada en todas las condiciones, existen soluciones arquitectónicas que permiten evitarlo, entre otras formas.

La idea de durabilidad que se tiene de otros materiales es difícil compararla con la de la madera. Si bien la madera se degrada, se debe tener presente en qué condiciones esto ocurre, ya que existen un sinnúmero de protectores que garantizan su durabilidad.



Figura 2-1: *Madera con y sin mantención contra agentes externos.*

Basta recordar los cientos de años que se han mantenido las estructuras de innumerables catedrales en Europa e iglesias de la isla grande de Chiloé en el Sur de Chile, por el simple hecho de haber previsto una pequeña mantención para proteger la estructura contra la humedad del ambiente.

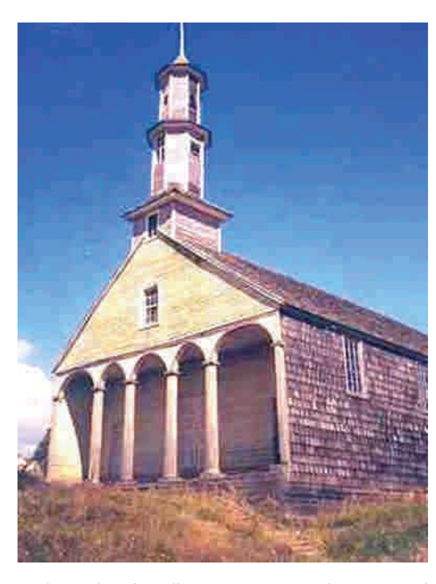


Figura 2 - 2: *Iglesia de Vilupulli, con cinco arcadas coronadas por una torre de 22 metros de altura, construcción típica del siglo XVIII, visitada por Darwin en 1834.*

2.2 AGENTES BIÓTICOS DESTRUCTORES DE LA MADERA

La degradación de la madera se puede deber a diferentes causas y es importante saber en cada caso, el principal agente causante de dicha degradación, lo que permitirá elegir el modo de proteger la madera.



Figura 2 - 3: *Degradación de la madera.*

2.2.1 Causas biológicas:

Para que los agentes biológicos se desarrollen y subsistan se requiere que existan ciertas condiciones como son:

- Fuente de material alimenticio para su nutrición.
- Temperatura para su desarrollo. El intervalo de temperatura es de 3° a 50°, siendo el óptimo alrededor de los 37 °C.
- Humedad entre el 20 % y el 140 %, para que la madera pueda ser susceptible de ataques de hongos. Por debajo del 20 %, el hongo no puede desarrollarse y por sobre 140 % de humedad, no existe el suficiente oxígeno para que pueda vivir.
- Una fuente de oxígeno suficiente para la subsistencia de los micro-organismos.

Al existir las condiciones descritas, el ataque biológico es factible que ocurra, pudiendo producir alteraciones de importancia en la resistencia mecánica de la madera o en su aspecto exterior.

2.2.1.1 Hongos cromógenos

Se caracterizan por alimentarse de las células vivas de la madera.

El efecto importante que producen es un cambio de coloración, la madera toma un color azulado, pero en general no afecta a su resistencia, dado que no altera la pared celular.



Figura 2 - 4: *Piezas de madera machihembrada de Pino Radiata, la que fue atacada por hongos cromógenos estando encastillada.*

Según lo expuesto, una madera azulada no debería depreciarse más que por su aspecto, pero la realidad es que el hecho de presentar dicha coloración, es signo de que la madera ha estado expuesta a condiciones favorables para el desarrollo de hongos de pudrición, y si bien todavía no es visible su ataque, probablemente éste se ha producido en alguna medida.

2.2.1.2 Hongos de pudrición

En este caso los hongos se alimentan de la pared celular, causando una severa pérdida de resistencia, impidiendo cualquier tipo de aplicación, ya que la madera puede desintegrarse por la simple presión de los dedos.

En un ataque de pudrición se suelen desarrollar muchos tipos de hongos, cada uno de los cuales actúa en un determinado intervalo de degradación, dependiendo si el hongo se alimentó de la lignina o de la celulosa.

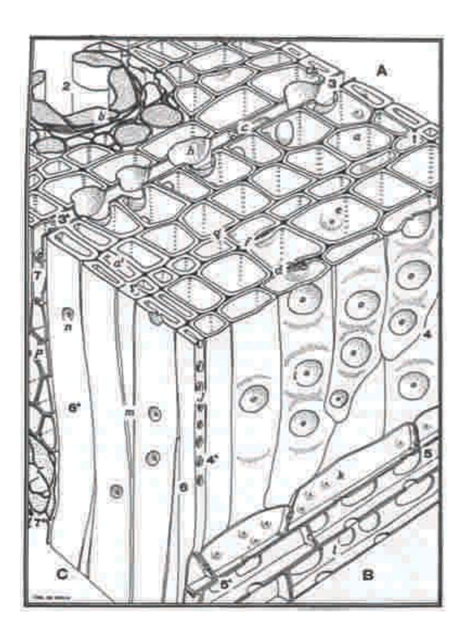


Figura 2 - 5: *Estructura anatómica de una especie conífera con hongos que se alimentan de la pared celular.*

La **pudrición blanca** es causada por hongos que se alimentan de la lignina, dejando la celulosa de color blanco. En este caso la madera se rompe en fibras, por lo que también se denomina pudrición fibrosa.

La **pudrición parda** es causada por hongos que se alimentan de la celulosa dejando la lignina, caracterizada por su color pardo. La madera se desgrana en cubos, por lo que también se le conoce como pudrición cúbica.

UNIDAD 2
PATOLOGIAS Y PROTECCION DE LA MADERA EN SERVICIO

2.2.1.3 Mohos
Son hongos que tienen una apariencia de algodón fino. La extensión de estos depende fundamentalmente de la temperatura y de una humedad abundante.

Afectan a la madera en su aspecto superficial y se pueden eliminar cepillando la pieza, no causan daños a la resistencia ni a otras propiedades.

Si no se eliminan oportunamente puede que la pieza de madera sea fácilmente atacada por hongos de pudrición, ya que el crecimiento de mohos estimula su desarrollo.

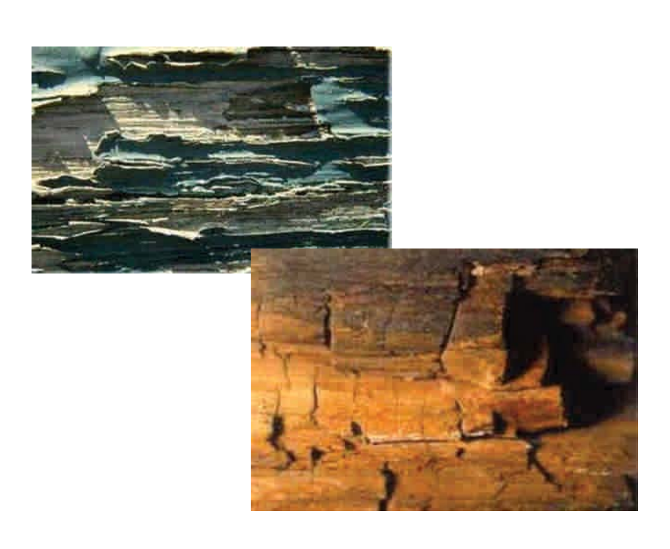


Figura 2 - 6: Pieza de madera atacada por hongo de pudrición.

2.2.1.4 Insectos
Existe una gran cantidad de insectos que usan la madera para reproducirse y vivir y se alimentan de la celulosa que ésta contiene. El daño se produce debido a que sus larvas, orugas y adultos abren galerías en la madera para obtener alimento y protección. Dentro de estos insectos figuran los siguientes:

2.2.1.4.1 Coleópteros
Los coleópteros xilófagos pueden ser agrupados en tres categorías:

a) Insectos que requieren un contenido de humedad en la madera mayor al 20%, siendo la familia más importante los Cerambícidos, cuyas larvas se alimentan de almidón, azucares y substancias albuminoideas de la madera. La mayoría ataca a los árboles en pie y un número reducido de especies invade la madera que se encuentra encastillada, tanto de coníferas como latifoliadas.



Cerambícidos

Figura 2-7: Insecto cerambícido que ataca la madera.

b) Insectos que atacan maderas parcialmente secas (menos del 18 % de humedad), siendo la albura habitualmente la zona afectada.

A este grupo pertenecen los Líctidos, que se caracterizan porque las larvas se alimentan del almidón contenido en la pared celular, para lo cual practican galerías de alrededor de 1 mm de diámetro, destruyendo la madera y dejando tras de sí un aserrín muy fino.

No atacan a las coníferas, solamente a las latifoliadas.

Líctido



Figura 2-8: El líctido sólo ataca latifoliadas.

c) Insectos que atacan a las maderas secas, tanto coníferas como latifoliadas, y que pertenecen a la familia de los Anóbidos, comúnmente llamados Carcoma, que se alimentan a expensas de la celulosa y lignina.



Anóbido

Figura 2-9: El anóbido se alimenta de celulosa y lignina.

Su tamaño es relativamente pequeño, con una longitud desde 2,5 mm hasta 8,5 mm y practica galerías de unos 2 a 3 mm de diámetro, dejando tras de sí un aserrín un poco menos fino que el de los Líctidos.

2.2.1.4.2 Termitas

Son los ataques de estos insectos los que pueden causar mayores daños a la estructura de madera de una vivienda.



Figura 2 - 10: En la imagen se observan termitas subterráneas en pleno ataque a una solera de un tabique.

En Chile tenemos termitas endémicas, muy reconocidas tanto en el Sur como el Norte del país, que construyen sus nidos dentro de la madera a la cual atacaron, alimentándose principalmente en su estado larvario.

La termita subterránea, especie norteamericana introducida a nuestro país a mediados de los años 80 en embalajes de madera, no vive en la madera, sino en termiteros que se ubican normalmente al interior del suelo y árboles (caso no muy común). Las obreras se dirigen a la zona donde existe celulosa para alimentarse, construyendo galerías por el interior del suelo, y por muros exteriores, las que pueden llegar a medir centenares de metros.

Son capaces de introducirse entre los cimientos, sobrecimientos, radieres y muros de las edificaciones taladrando el hormigón, aprovechando las grietas, las cañerías y ductos que atraviesan estas estructuras o practicando galerías exteriores a base de una argamasa extraordinariamente dura.

Las colonias están conformadas por distintas castas como son las reproductoras, soldados y obreras, estas últimas son las que buscan el alimento celulósico y alimentan al resto de la colonia.



Figura 2 – 11: Túneles elaborados por termitas subterráneas des-de el terreno, el cual contiene una humedad permanente por no estar ventilado en la zona bajo la plataforma.



Figura 2 - 12: Túneles generados por las termitas subterráneas desde el terreno al friso, formando túneles con barro protector llamados tubo refugio. Conformados por fragmentos de tierra y madera digerida cementada con excrementos de las termitas obreras.

Las obreras desarrollan galerías en dirección de la fibra, dejándolas libres de aserrín, dado que todos los días deben volver a su termitero. Las huellas de ataque son tubos de barro, sin embargo, es usual ver el daño sólo cuando la madera falla por falta de resistencia. Estos insectos requieren de humedad para poder vivir, elementos que se encuentran en el suelo y las áreas húmedas de la estructura, pero atacan maderas secas.



Figura 2 – 13: En tabique sanitario, la presencia de humedad por una pequeña filtración de la cañería de agua, crea el ambiente propicio en el interior del tabique para la presencia de termitas subterráneas. Se puede observar la destrucción del pie derecho y solera inferior.

2.3 AGENTES ABIÓTICOS DE DESTRUCCIÓN O DEGRADACIÓN DE LA MADERA

2.3.1 Degradación por la luz

El espectro ultravioleta de la luz descompone la celulosa de la madera produciendo su degradación.

La acción de la luz es lenta y a medida que trascurre el tiempo la degradación no aumenta, dado que los primeros milímetros afectados sirven de protección al resto.

Así, los efectos de la luz se hacen visibles entre el primer y el séptimo año y la madera cambia de color, oscureciéndose o aclarándose, según el grado de exposición en que se encuentre. La degradación afecta los primeros milímetros de la madera, con mayor intensidad las zonas de primavera que las de otoño, y más la albura que el duramen.

.



Figura 2 – 14: Corte transversal que muestra la ubicación de duramen y albura.

La degradación por la luz es más rápida si se combina con el deslavado que puede producir la lluvia, que arrastra la celulosa descompuesta de la superficie, produciendo la degradación denominada "madera meteorizada".

El espectro infrarrojo afecta en la medida que calienta la madera, aumentando su incidencia cuanto mayor sea su exposición al sol y más oscura sea. Este calor puede producir secado y con ello merma de la madera, y por ende, agrietamientos en dirección de las vetas por las cuales penetra la humedad, favoreciendo la invasión de los hongos xilófagos.

2.3.2 Humedad atmosférica

La humedad atmosférica produce deterioro por los repetidos cambios de dimensiones que se producen en las capas superficiales de las piezas que se encuentran a la intemperie.

Cabe recordar que la madera es una sustancia higroscópica, influida por los cambios de las condiciones de humedad atmosférica, produciéndose absorción de agua en las superficies que quedan expuestas, hinchándose con clima húmedo y lluvioso y contrayéndose en los períodos de sequía.

En todo caso, la penetración de agua por las razones expuestas es relativamente lenta y no se producen cambios en el contenido de humedad o en el volumen de la pieza, siempre que no haya una condición especial, en que el estado de humedad o sequedad se exceda de lo normal.

Se puede concluir que el daño esperado se concentra en las capas externas de la madera, ya que se producen tensiones alternas de compresión y dilatación que se traducen en una desintegración mecánica de las capas superficiales.

2.3.3 Efecto hielo – deshielo

La humedad contenida en las cavidades celulares se transforma a estado sólido, aumentando el volumen (anomalía del agua) de las fibras leñosas de la madera en estado verde, produciendo un daño en la integridad física del material, lo que puede traducirse en la destrucción de las células ubicadas en la superficie. Si este fenómeno es repetitivo puede afectar la resistencia de la pieza.

2.3.4 Fuego

Es uno de los agentes destructores que ningún material puede tolerar indefinidamente sin presentar algún deterioro.

La reacción al fuego de las maderas depende de:

- Espesor de la pieza de madera
- Contenido de agua de la madera
- Densidad de la madera (especie)

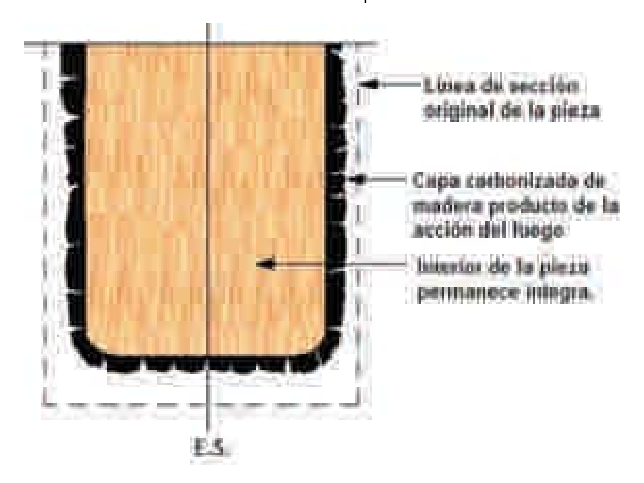


Figura 2-15: La capa de carbón producto de la acción del fuego actúa como protector.

Comportamiento de la madera frente al fuego:

La madera está formada fundamentalmente por celulosa (aproximadamente un 44%) y lignina, materiales ricos en carbono, admitiéndose que la madera contiene aproximadamente un 48 % de carbono.

La temperatura de inflamabilidad de la madera, en circunstancias favorables, es aproximadamente 275°C, siendo un factor importante el tiempo durante el cual es calentada.

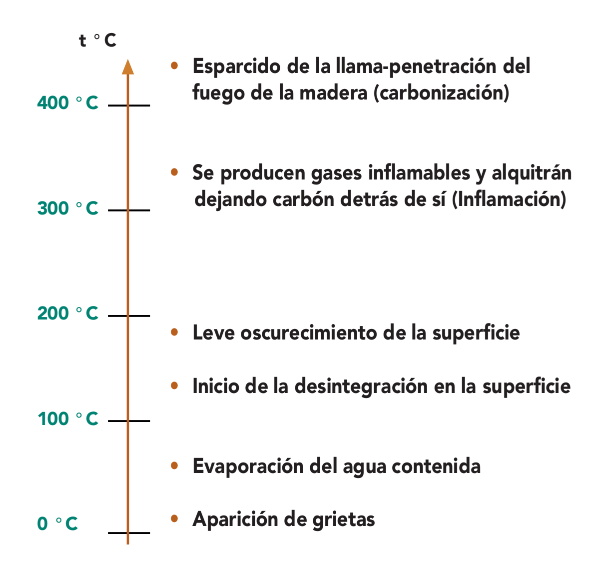
Por debajo de 100°C, casi no se escapa de la madera más que el vapor de agua, incluso si la temperatura externa es superior a 100°C, la de la madera queda igual a 100°C si el agua no se ha desprendido del todo.

De 100°C a 275°C se desprenden gases: CO_2 incombustible, CO combustible y piroleñosos. Hacia los 275°C la reacción es exotérmica. Los gases se desprenden en abundancia, la proporción de CO_2 disminuye rápidamente y aparecen los hidrocarburos. La madera adquiere un color achocolatado. Por encima de los 350°C los desprendimientos gaseosos son menos abundantes, pero son todos combustibles. Más allá de los 450°C el hidrógeno y los carburos constituyen la mayor parte de los gases desprendidos, siendo el residuo sólido carbón de madera, susceptible de quemarse con desprendimiento de gases combustibles.

La temperatura de la madera en el curso de su combustión está comprendida entre los 400°C y 500°C aproximadamente. Esta temperatura es la mínima necesaria para continuar la combustión, por supuesto si existe suficiente oxígeno.

Por otro lado, se ha encontrado que en edificaciones realizadas con el sistema constructivo de poste y viga, las vigas de grandes secciones transversales atacadas por el fuego sólo han comprometido una superficie carbonizada de pequeño espesor, que cubre y protege la madera no afectada por el fuego. La explicación es la baja conductibilidad térmica de la madera, que transmite una pequeña proporción del calor hacia el interior de ella.

Mayores detalles y aspectos que deben ser considerados en el diseño, en la estructuración, así como en la construcción en madera se exponen en el Capítulo III, Unidad 15.



Gráfica 2 - 1: Comportamiento de la madera frente a la acción del fuego.

2.4 TECNOLOGÍA DEL TRATAMIENTO DE LA MADERA

En el tratamiento de la madera se deben definir los requerimientos de durabilidad que son necesarios, o sea, si la madera elegida tiene la capacidad para resistir el ataque de los diferentes agentes de destrucción, una vez puesta en servicio sin ningún tratamiento preservador.

Sólo en caso de que no se puedan utilizar las especies adecuadas a la durabilidad exigida, se debe realizar el tratamiento que corresponda. Recordemos que desde siempre la madera en la arquitectura ha sido considerada como un material importante, no tan sólo en componentes de terminación, sino que también como elemento estructural. Desde este punto de vista, la protección de la madera frente a agentes destructores adquiere vital relevancia al momento del diseño arquitectónico, especialmente si se tiene en cuenta que la especie que hoy se utiliza en forma mayoritaria en nuestro país es el Pino radiata, considerada como poco durable (según norma chilena NCh789/1 Maderas– Parte1: Clasificación de maderas comerciales por su durabilidad natural), la que por ende requiere ser protegida con un preservante adecuado y por medio de un método de impregnación confiable.



Figura 2-16: Es esencial proteger la madera considerando los agentes a que estará expuesta y el tipo de madera que es (densidad).

2.4.1 Tipos de productos protectores

Los productos protectores se clasifican según los siguientes aspectos:

2.4.1.1 Por la acción protectora que realizan:

- **Insecticidas:** protegen frente a la acción de los insectos xilófagos, destacan el tipo Piretrinas o Clorpirifos.

- **Fungicidas:** protegen frente a la acción de hongos xilófagos. Si es pudrición se emplean productos con contenidos de cromo, cobre y arsénico (CCA); cobre, azoles orgánicos (CA); cobres, azoles orgánicos y boro (CAB); cobre y amonios cuaternarios (ACQ) y boro.

  Si se trata de mancha azul, los productos más utilizados son el tribromofenato de sodio, quinolatos de cobre y carbendazimas.

- **Ignífugos o retardadores de fuego:** protegen frente a la acción del fuego convirtiendo a la madera desde un material combustible, a uno difícilmente combustible. En este grupo se distinguen los que impiden que llegue oxígeno a la madera durante algunos minutos y los que basan su acción ignífuga en que reaccionan con el calor, emitiendo sustancias que acaparan el oxígeno del aire, impidiendo que la madera se queme.

- **Protectores de la luz:** Pinturas con pigmentos metálicos que sellan la veta de la madera. Se mantiene la veta, oscureciéndola en algún grado.

2.4.1.2 Por el tipo de preservante:

- **Solventes orgánicos:** Son los protectores que con mayor facilidad penetran en la madera, no producen manchas y son compatibles con la mayoría de los barnices de fondo y acabados, lo que hace que sean los más utilizados en la carpintería de terminación. Son aplicados a maderas secas por su característica de no otorgar humedad a ésta.

- **Hidrosolubles:** el disolvente es el agua, se utiliza para el tratamiento industrial de maderas húmedas, bajo el 28% (en Chile vía vacío y presión).

- **Creosotados:** Son derivados del petróleo y la hulla, su penetración en la madera es dificultosa y además la mancha, haciendo incompatible la madera tratada con cualquier terminación a la vista.

2.4.1.3 Por el tipo protección que se desea lograr:

- **Protección preventiva:** Productos que evitan que la madera pueda ser atacada por agentes destructores, entre los cuales se distinguen:

  - **Temporal:** cuya eficacia preventiva se limita a un determinado tiempo, generalmente los tratamientos superficiales como pinturas y barnices entran en este grupo o como el típico tratamiento antimancha de la madera.

  - **Permanente:** cuya eficacia preventiva es permanente, por lo menos duran varias decenas de años, el producto protector queda fijo en la madera independientemente de que sufra humedecimiento o secado. En este grupo están los tratamientos industriales de la madera a través de vacío-presión o vacío-vacío.

- **Protección curativa:** en este caso la madera se encuentra atacada, por lo que la protección curativa pretende eliminar dichos agentes, como por ejemplo mediante el simple oreado o secado de la madera, cuando el ataque que presenta es de hongos.

En el caso de los insectos existen los siguientes tratamientos:

- **En insectos de ciclo larvario:** la larva se encuentra en el interior de la madera, lo que hace necesario introducir insecticida para que al entrar en contacto elimine al insecto. La aplicación puede ser inyectando insecticida líquido o gases que sean capaces de introducirse hasta el interior de la madera, mediante un tratamiento térmico u otros más sofisticados.

- **En caso de termitas:** en este caso, el insecto no vive en el interior de la madera, por lo que su eliminación es difícil. Existen trazadores radioactivos mediante soluciones ionizantes (Na24, P32, Cl36, Ca45), con los que se capturan varios insectos, los que son sumergidos en una solución radiactiva y se les sigue hasta su termitero y al localizarlo se procede a su destrucción.

Las colonias son atacadas mediante sistemas de cebos a base de celulosa, a los que se les añade un insecticida y se les ubica cada cierta distancia alrededor de la vivienda. Hoy en Chile se utilizan productos antiquinizantes que impiden la muda de los insectos, los que mueren desecados. Las termitas obreras ingieren este producto, alimentan con sus jugos a todas las castas, y tanto las obreras como las ninfas, cuando van a mudar mueren, con lo que la colonia no puede funcionar ni alimentarse. Investigaciones del tema y cientos de pruebas comerciales han demostrado la eliminación de colonias de termitas subterráneas ocupando esta tecnología de cebos.



Figura 2 - 17: Los cebos se colocan alrededor de la vivienda, equidistante a lo menos 50 centímetros.



Figura 2 - 18: Tubos de plástico en cuyo interior se ubican los cebos. Por las ranuras ingresan y salen las termitas con la alimentación, bajo tierra, ya que el tubo se entierra en forma vertical hasta el anillo superior, por donde se registra.

Por ser las termitas un tema desconocido y recurrente en nuestro país, es preciso tratarlo más en extenso.

Las termitas han habitado la tierra durante millones de años, incluso antes que la humanidad. No se requiere hacer desaparecer a las termitas del planeta, sino que arquitectos, constructores y mandantes o propietarios adopten las medidas al diseñar, construir y mantener las edificaciones ya materializadas libres de termitas.

En países como Estados Unidos, las termitas subterráneas han producido más daño económico que huracanes y tornados en conjunto, afectando cinco veces más casas que los incendios que normalmente suceden.



Figura 2 – 19: El no tomar resguardo contra las termitas y asesorarse por expertos puede tener consecuencias de alto costo en las viviendas.

Por ello se debe cambiar de estrategia:

Lo primero que se debe pensar si se construye en zona de termitas, con el sistema constructivo que sea (madera, acero, hormigón o albañilería), es en tener la asesoría inmediata de un especialista o de una empresa experta en la materia, así como la consulta de normas y literatura referente al tema, que permita contar con el máximo de antecedentes sobre la estrategia de diseño contra las termitas. Antes de realizar la instalación de faena, es necesario eliminar las colonias de termitas existentes, así como posibles lugares propicios para su desarrollo, extrayendo raíces y trozos de maderas no tratados que estén enterrados.

Durante el proceso de construcción se debe cuidar de no dejar estacas o trozos de madera enterrados o en contacto con el hormigón, muchas veces se dejan partes de los moldajes de las fundaciones olvidadas bajo tierra. En general, se debe evitar dejar cualquier remanente fabricado en celulosa, como por ejemplo, almacenar cajas de cartón en lugares de difícil acceso.

En la actualidad, la manera más efectiva para combatir las termitas ha sido mantener el suelo de fundación y sus alrededores en condiciones que minimicen el posible desarrollo de colonias, implementando tecnologías que produzcan barreras infranqueables o que eliminen a las colonias, como las barreras físicas, químicas y cebos.

Las barreras físicas consisten en la instalación de mallas de acero inoxidable y barreras de arena, cuidadosamente construidas para que las termitas no las puedan penetrar, colocadas debajo de los cimientos y extendidas hacia la superficie alrededor de la edificación. Ambas técnicas han sido aplicadas con éxito en países con concentraciones activas de termitas, como Australia y Hawai.

En Chile, en los últimos años las barreras químicas continuas son las que se han aplicado masivamente con óptimos resultados, utilizan productos tóxicos para las termitas, que se aplican directamente al terreno antes de la materialización de las fundaciones de cimientos continuos o aislados y protegen a la estructura por largos períodos (años). La aplicación la realizan profesionales capacitados, no presentando riesgos a humanos, animales, ni al ambiente.

En caso de post-construcción, según la situación, pueden ser controladas instalando barreras no continuas para evitar romper los interiores de las estructuras para la colocación de termicidas bajo los radieres. La eliminación de las colonias de termitas subterráneas se puede lograr ocupando la tecnología de cebos, que no requiere intervenir las estructuras interiores, resultando ser la más adecuada.

Las medidas preventivas mínimas que deben considerar los diseñadores, constructores y propietarios de viviendas en general son:

- Diseñar los cimientos de forma que sobresalgan como mínimo 200 mm sobre el nivel del terreno del punto más desfavorable, para permitir inspeccionar y buscar túneles de barro protectores o también llamados tubos refugio que construyen las termitas para entrar en la edificación.

- Especificar que las maderas que estén en contacto con el sobrecimiento estén protegidas del hormigón por un fieltro doble de 15 libras. Se recomienda que sean tratadas con CCA, CA, CAB, ACQ o boro, los que también protegen contra el deterioro y son preservantes que han sido utilizados en forma segura por décadas.

- Para usos a la intemperie, en que es probable la exposición a la humedad, lo más seguro es impregnar la madera con CCA, CA, CAB y ACQ.

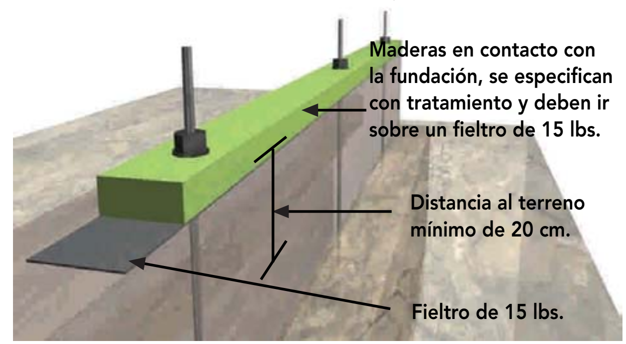


Figura 2 – 20: Fundación continua de hormigón de altura mínima de 20 cm en punto más desfavorable.

Los propietarios de viviendas de cualquier sistema constructivo en que habitan termitas, deben practicar una mantención preventiva de su vivienda que considere:

- Inspección profesional a lo menos una vez al año, se debe actuar con suficiente anticipación en la detección de estos insectos o evaluar los daños ya causados antes que sea demasiado tarde.
- Identificar posibles rutas de entrada de termitas y sellarlas, ya que este insecto puede ingresar por una ranura de 1,5 mm.
- Eliminar y mantener limpio el jardín y patio de leña, de pedazos de madera, cajas de cartón o cualquier material que contenga celulosa.
- Mantener secos los materiales que contengan celulosa, reparar en forma urgente filtraciones por la cubierta o por cañerías de desagues de aguas lluvias o por agua potable.
- Mantención de drenajes de aguas lluvias en viviendas que especialmente se han diseñado para estos fines.
- Mantener separadas las tuberías de descarga de aguas lluvia, de los muros perimetrales de la edificación, de modo que no haya una humedad constante en dicho sector.
- En caso de tener barreras físicas como arena o mallas para protección de la vivienda, no se debe colocar tierra o corteza de árboles ni permitir que crezcan raíces en ellas.

2.4.2. Tipos de tratamientos

2.4.2.1 Tratamientos superficiales

Se caracterizan porque la penetración del protector en la madera apenas supera unos milímetros de profundidad.

Son recomendables en la prevención de ataques superficiales como la mancha azul. No son indicados en los casos de ataques en profundidad, como es el caso de hongos a mediano y largo plazo, cuando vaya a estar expuesta a riesgos de humedades más o menos constantes, o del ataque de termitas, como es el caso de maderas situadas en el interior de la vivienda.

Estos tipos de tratamientos son aplicados mediante brochas, pulverizadores o inmersión rápida de la madera en un producto protector formado a partir de insecticidas y fungicidas.

La penetración de unos milímetros del producto químico es suficiente como para evitar los ataques superficiales. La profundidad del tratamiento va a depender del tipo de producto, fundamentalmente del tipo de disolvente, la mayor o menor penetrabilidad de la madera y de las condiciones de ésta.

2.4.2.2 Tratamientos en profundidad

Son los más indicados cuando la madera está expuesta a humedad del exterior, o en contacto con el suelo o bien que estando en el interior tenga el riesgo de ataques de termitas.

Son variados los sistemas, el boucherie o de sustitución de savia, consiste en que se introduce la madera en un depósito por varios minutos para que el producto protector vaya ocupando la savia del árbol. Los productos utilizados son sales, los que con la humedad de la madera y con el movimiento de la savia se introducen al interior por difusión. Este tratamiento se aplica a maderas que se utilizan en cierros y estacas en general.

Otro sistema es el caliente y frío, en el que se introduce la madera en un depósito con agua caliente por algunos minutos para abrir los poros, lo que permite facilitar la entrada del producto protector y luego se introduce la madera por varias horas en otro depósito que contiene las sales protectoras. Este tratamiento es utilizado para postes, vigas y piezas que en general quedarán a la intemperie.

Existe un tratamiento en autoclave, el que por ser de carácter industrial, es el único que puede garantizar su profundidad, las retenciones del producto protector y con ello su eficiencia.

El autoclave es un sistema conformado por un cilindro de acero, una bomba de vacío y otra de presión. Con la bomba de vacío se extrae el aire de la madera conjuntamente con abrir los poros y con la bomba de presión se introduce el producto protector.

Según la facilidad o dificultad de tratamiento y el tipo de producto utilizado, será diferente el vacío, la presión y el tiempo de cada una de las fases del tratamiento.

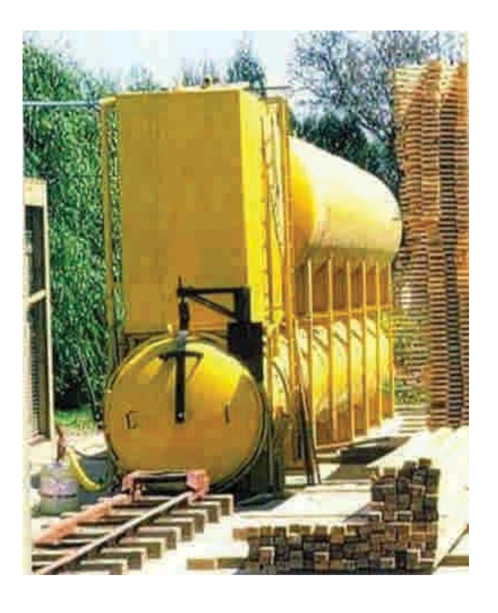


Figura 2 - 21: Planta de tratamiento mediante vacío/presión.

Además se cuenta con una norma chilena, NCh 819 Of 2003 Madera preservada – Pino radiata - Clasificación según uso y riesgo en servicio y muestreo.

Clasificación	Uso/Agentes de deterioración
Grupo 1 (R1)	Maderas usadas en interiores, ambientes secos, con riesgo de ataque de insectos solamente, incluida la termita subterránea.
Grupo 2 (R2)	Maderas usadas en interiores, con posibilidad de adquirir humedad, ambientes mal ventilados. Riesgo de ataque de hongos de pudrición e insectos.
Grupo 3 (R3)	Maderas usadas en exteriores, sin contacto con el suelo, expuestas a las condiciones climáticas. Riesgo de ataque de hongos de pudrición e insectos.
Grupo 4 (R4)	Maderas enterradas o apoyadas en el terreno, con posibilidades de contacto esporádico con agua dulce. Riesgo de ataque de hongos de pudrición e insectos.
Grupo 5 (R5)	Maderas enterradas en el suelo, componentes estructurales críticos, en contacto con aguas dulces. Riesgo de ataque de hongos e insectos.
Grupo 6 (R6)	Maderas expuestas a la acción de agua marina y para torres de enfriamiento. Riesgo de ataque de horadadores marinos.

Tabla 2-1 : Clasificación de la madera de Pino radiata según uso y riesgo esperado de servicio.

Tipo de Preservante	Norma	Descripción
CCA	NCh 790	Oxidos de cobre, cromo y arsénico
Boro (SBX)	AWPA P5. 9	Boro expresado como oxidos de boro
CPF	AWPA P8.11	Clorpirifos
CA-B	AWPA P5.18	Cobre-azole tipo B
CBA-A	AWPA P5.17	Cobre-azole Tipo A
ACQ	AWPA	Cobre-amonio cuaternario

Tabla 2 - 2 : Descripción de los preservantes.

Preservante	Sistema de Aplicación
CCA	Vacío-presión
Boro	Vacío-presión/Difusión
Clorpirifos	Vacío-presión/Inmersión/Vacío-Vacío
CBA-A	Vacío-presión
CA-B	Vacío-presión
ACQ-D	Vacío-Presión

Tabla 2 - 3 - Sistema de aplicación de preservantes especificados en Tabla 2 – 2 .

Grupo	CCA (Kg./m3)	Boro (Kg./m3)	CPF (Kg./m3)	CBA-A (Kg./m3)*	CA-B (Kg./m3)	ACQ
1	4,0	4.4	0.5	3.3	1.7	4,0
2	4,0	4.4	No se aplica	3.3	1.7	4,0
3	4,0	No se aplica	No se aplica	3.3	1.7	4,0
4	6.4	No se aplica	No se aplica	6.5	3.3	6,4
5	9.6	No se aplica	No se aplica	9.8	5.0	9,6
6	40.0-24.0 (zona exterior)	No se aplica	No se aplica	No se aplica	No se aplica	No se aplica
	24.0-14.0 (zona interior)	No se aplica	No se aplica	No se aplica	No se aplica	No se aplica

Tabla 2 - 4 : Retención mínima neta del preservante - Mínimo por ensayo.

** La retención mayor se debe usar cuando existe riesgo de ataque de Teredo y Limnoria Tripunctata.*

Producto	Clasificación de riesgo	Zona de ensayo
Madera aserrada de espesor menor o igual a 50 mm	R1,R2,R3,R4	15 mm desde la superficie (0-15 mm)
Madera aserrada de espesor mayor a 50 mm	R1,R2,R3,R4	25 mm desde la superficie (0-25 mm)
Madera aserrada utilizada en fundaciones (R5)	R5	35 mm desde la superficie (0-35)
Polines Polines	R4, R2, R3	25 mm desde la superficie 15 mm desde la superficie
Postes y otros elementos estructurales redondos	R5	12-50 mm (tarugo de 50 mm de largo, eliminando tramo de 12 mm exterior)
Fundaciones de madera redonda enterradas en suelo y/o agua dulce	R5	50 mm desde la superficie
Contrachapados < a 16 mm Contrachapados > o = a 16 mm	R1,R2,R3,R4,R5,R6	Todo el espesor 16 mm desde la superficie, por la contracara
Pilotes marinos (redondos)	R6	50 mm desde la superficie

Tabla 2 - 5 : Zona de ensayo para determinar la retención de preservante en la madera.

Producto	Clasificación de riesgo	Requisitos mínimos de penetración en albura profundidad mínima (mm) en las caras	
		Albura	Profundidad mínima (en caso de duramen expuesto o baja porción de albura en la superficie)
Madera aserrada y elaborada	R1, R2, R3, R4	100%	10 mm
Madera aserrada utilizada en fundaciones	R5	100%	64 mm
Polines	R4	100%	25 mm
Polines	R3	100%	10 mm
Postes y otros elementos redondos	R5	90%	89 mm
Fundaciones de madera redonda enterradas en suelo y/o aguas dulces	R5	100%	64 mm
Contrachapados	R1,R2,R3,R4,R5,R6	Cada una de las chapas debe estar penetrada	-
Maderas redondas para pilotes marinos	R6	100%	64 mm

Tabla 2 - 6 : Penetración de los preservantes.

2.4.2.3 Requisitos de penetración
La penetración se comprobará según los métodos descritos en NCh 755 Preservación – Medición de la penetración de preservantes de la madera para CCA. Para otros preservantes, los ensayos se realizarán de acuerdo a la última versión de la Norma AWPA A3.

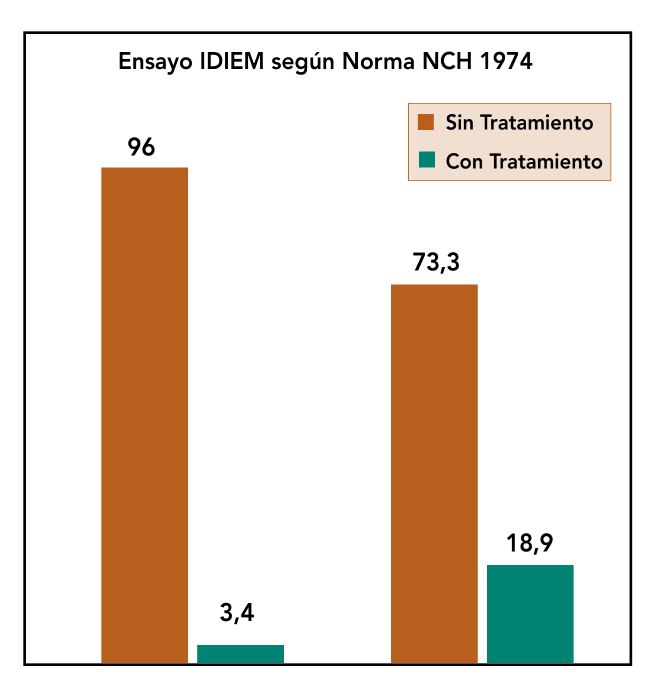
2.4.3 Tratamiento a aplicar
El tipo de producto protector a usar y el sistema de tratamiento más adecuado dependerá del riesgo de los diferentes ataques a que estará expuesta la madera en servicio, como se describe en las tablas anteriores.



Figura 2 - 22: El tipo de tratamiento y el método de aplicación que recibe la madera dependerá del grado de protección que se quiere obtener y contra qué agentes se quiera proteger.

Con respecto a los métodos para reducir la reacción de la madera al fuego, en Chile se utiliza el tratamiento industrial de vacío y presión en autoclaves, logrando absorciones y penetraciones totales del producto. Este aspecto no es menor, pues en obra se puede realizar todo tipo de cortes y uniones, lo que dejaría expuestas zonas de madera no protegidas, como sería si se hubiera aplicado retardadores en forma superficial con brocha o pistolas de presión o simplemente se dejara en manos de lo bien o mal que el encargado haya realizado la aplicación.

Como producto de última generación al cual se le han hecho todas las pruebas y ensayos bajo las normas chilenas en los laboratorios de fuego de IDIEM de la Universidad de Chile, destaca un producto en base a boro que además de ser un retardador del fuego, posee atributos funguicidas e insecticidas, características relevantes en estos tiempos donde el tema de la termita está muy presente. Además, ayuda a disminuir la producción de gases tóxicos, impedir la generación de la llama y reducir la expansión de ésta, ayudando a las estructuras de madera a mantener su resistencia estructural frente a un incendio, a no cambiar su color natural y mantenerse exento de olores.



Gráfica 2-2: Se puede concluir que como resultado de haber aplicado el producto protector a una probeta de madera, disminuye en un alto porcentaje la pérdida de masa, como la carbonización.

BIBLIOGRAFIA

- Canada Mortgage and Housing Corporation, CMHC, "Woodframe Envelopes in the Coastal Climate of British Columbia", Publicado por CMHC, Canadá, 2001.
- Carvallo, V; Pérez, V, "Manual de Construcción en Madera", 2° Edición, Instituto Forestal – Corporación de Fomento de la Producción, Santiago, Chile, Noviembre 1991.
- Jiménez, F; Vignote, S, "Tecnología de la Madera", 2° Edición, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría General Técnica Centro de Publicaciones, Madrid, España, 2000.
- Hanono, M; "Construcción en Madera", CIMA Producciones Gráficas y Editoriales, Río Negro, Argentina, 2001.
- www.agctr.lsu.edu/termites/ (Louisiana State University).
- www.awpa.com (American Wood-Preservers' Association).
- www.awpi.org (American Wood Preservers Institute).
- www.citw.org (Canadian Institute of Treated Wood).
- www.creativehomeowner.com (The life style publisher for home and garden).
- www.durable-wood.com (Wood Durability Web Site).
- www.fpl.fs.fed.us (Forest Products Laboratory U.S.Department of Agriculture Forest Service).
- www.forintek.ca (Forintek Canada Corp.).
- www.pestworld.org (National Pest Management Association).
- www.preservedwood.com (American Wood Preservers Institute).
- www.utoronto.ca/forest/termite/termite.htm (University of Toronto, Faculty of Forestry).
- NCh 630 Of.98 Madera – Preservación – Terminología.
- NCh 631 Of.95 Madera Preservada – Extracción de muestras.
- NCh 755 Of.96 Madera – Preservación – Medición de penetración de preservantes de la madera.
- NCh 786 Of.95 Madera – Preservación – Clasificación de los preservantes.
- NCh789/1 Of. 87Maderas–Parte1: Clasificación de maderas comerciales por su durabilidad natural.
- NCh 790 Of.95 Madera – Preservación – Composición y requisitos de los preservantes para madera.
- NCh 819 E Of.77 Madera – Preservación – Clasificación de productos preservados y requisitos de penetración y retención.


CORPORACION CHILENA DE LA MADERA
CORMA
CHILE PAIS FORESTAL

Unidad 3

ASPECTOS RELEVANTES A CONSIDERAR EN UN PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDA



Unidad 3

UNIDAD 3

ASPECTOS RELEVANTES A CONSIDERAR EN UN PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDA



3.1. PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA

Corresponde a la idea que debe ser materializada en terreno para dar solución a una necesidad de vivienda.

La vivienda corresponde a un proyecto de construcción de carácter habitacional que permite el alojamiento temporal o permanente de una o varias personas, la que debe proporcionar a sus usuarios seguridad, comodidad y las condiciones de habitabilidad y de higiene que permitan el desarrollo cotidiano de la vida de sus habitantes.

3.1.1 Requisitos de la vivienda

La vivienda constituye en sí misma una de las necesidades fundamentales del hombre.

Debe satisfacer una gran cantidad de requisitos del usuario, que le permitan el desarrollo normal de su vida. En general, son requisitos que se encuentran directamente relacionados con el costo de la vivienda que pueda solventar el mandante.

Los principales aspectos que deben prevalecer en todo diseño son:

- Seguridad
- Funcionalidad
- Durabilidad

3.1.1.1 Seguridad:

La estructura de la vivienda debe ser capaz de resistir fenómenos de la naturaleza como sismos, vientos, lluvias y nieve, así como también solicitaciones mecánicas y a sus instalaciones (sanitarias, gas, electricidad entre otras), y la acción del fuego.

Es decir, la seguridad se relaciona con aquellos mecanismos que aseguren el buen funcionamiento de un proceso, producto o servicio, previniendo que falle o colapse, y disminuyendo situaciones de riesgo para las personas y/o bienes materiales.

Por lo anterior, la vivienda debe estar diseñada y construida en función del:

- Diseño arquitectónico
- Diseño estructural
- Diseño de las instalaciones
- Procedimiento constructivo
- Materiales especificados para el proyecto

Todos estos aspectos permiten garantizar la seguridad tanto de los usuarios de la vivienda como de los bienes que en ella se encuentran.

3.1.1.2 Funcionalidad:

La funcionalidad de una vivienda está definida por los hábitos y costumbres de los habitantes que cobija, pero también se debe situar dentro del medio ambiente en que se encuentra, con condiciones estables y adecuadas con respecto a la temperatura, humedad, acústica, iluminación, ventilación y calidad de aire.

Como se desprende, la funcionalidad se encuentra asociada a la habitabilidad y estética de los distintos espacios y elementos que componen la vivienda, o sea, debe contar con espacios de tamaño suficiente, accesibles y dispuestos de manera funcional, que permitan el desarrollo armónico de las actividades normales de la familia.

3.1.1.3 Durabilidad:

Es la capacidad de los materiales de mantener sus propiedades o características frente a exigencias o solicitaciones para las cuales fueron diseñados durante un tiempo determinado, el cual se conoce como el período de vida útil del elemento en cuestión.

En una vivienda se debe analizar la durabilidad de todos los materiales que la componen. Con ello, se podrán tomar las medidas de control y aseguramiento más apropiadas para cada material, lo que permitirá una reducción de costos por concepto de mantención, mejoramientos y reposición de las partidas afectadas. Esto es posible a través del adecuado diseño de los elementos, la correcta elección de los materiales y de una puesta en obra que asegure la máxima durabilidad de lo construido.

3.2. PARTES Y ESTUDIOS QUE CONTEMPLA UN PROYECTO DE VIVIENDA EN MADERA

3.2.1. Estudio del terreno

Considera los siguientes aspectos:

3.2.1.1 Ubicación del terreno:
Comuna en que se encuentra, identificación de avenidas, calles, número municipal, accesos, deslindes y orientación cardinal. En caso que el terreno se ubique en una zona sub-urbana, es necesario especificar con monolitos y puntos de referencia que permitan la delimitación del lote correspondiente.

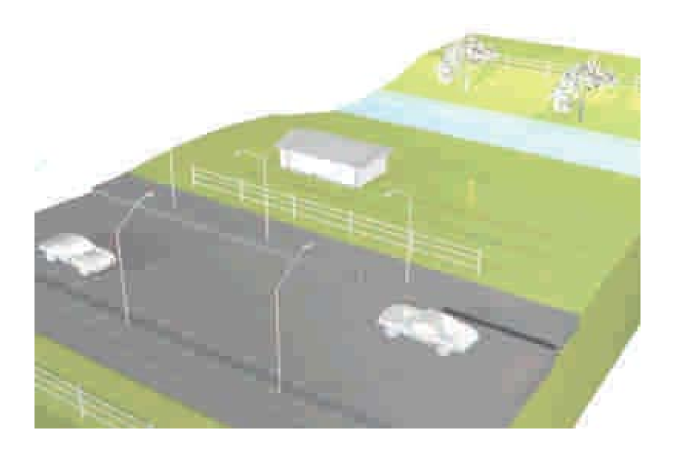


Figura 3 - 1: *Terreno en zona sub-urbana.*

3.2.1.2 Características del terreno:
Condiciones del terreno donde se va a materializar la construcción como:

3.2.1.2.1 Topografía del terreno:
Conocer en detalle la caracterización del predio donde se ejecutará el proyecto, o sea, su forma, dimensiones, relieve, orientación, elementos existentes sobre él como posibles construcciones, árboles, cursos de agua, instalaciones (sanitarias, eléctricas, telefónicas), y tipos de cercos, entre otros.

En una visualización global del relieve del terreno, se identifican los puntos de mayores o menores cotas (alturas), los sectores de mayores o menores pendientes, la existencia de cambios de pendientes, las zonas de posibles accidentes topográficos del lugar (quebradas o montículos), y el sentido del escurrimiento de las aguas lluvias, tanto del predio como de su entorno.

3.2.1.2.2 Características del subsuelo:
Los aspectos que es necesario conocer son:

- Estratos del subsuelo, conformación y características de los diferentes estratos.

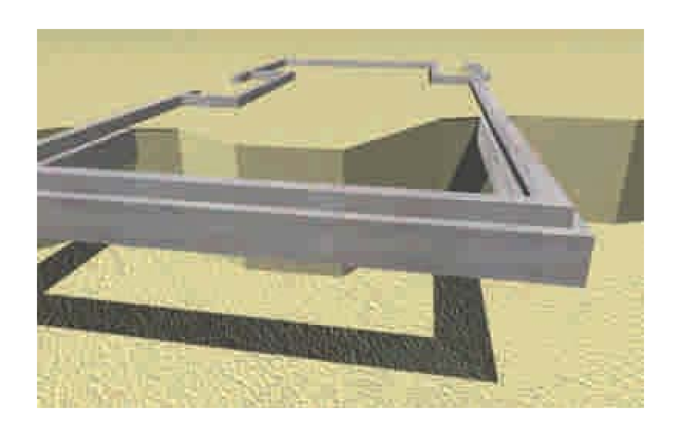


Figura 3 - 2: *Corte del terreno de fundación.*

- Nivel de la napa freática, comportamiento y variación.

- Capacidad de soporte del suelo y característica de consolidación.

A continuación se expondrán los conocimientos generales para el estudio de un proyecto y construcción de una obra de edificación. Debemos estar seguros que la base de una vivienda se fundará en un suelo conocido, o sea, la carga admisible es la adecuada para la magnitud del peso que deberá soportar, además, asegurar que en el transcurso de los años la resistencia del suelo no tendrá cambios que puedan repercutir en la vivienda.

3.2.1.2.2.1 Características de los suelos:
Un suelo se deforma al recibir cargas a través de una fundación continua o aislada. El diseñar una fundación adecuada consiste en limitar las posibles deformaciones a valores que no produzcan efectos perjudiciales a la vivienda, evitando asentamiento total y/o asentamientos diferenciales.

UNIDAD 3

ASPECTOS RELEVANTES A CONSIDERAR EN UN PROYECTO DE CONSTRUCCION DE VIVIENDA

Los suelos pueden ser de las más variadas combinaciones de estratos, por lo que tienen cada uno diferentes comportamientos y características propias, producto del resultado de una lenta desintegración de las rocas originales que componen la corteza terrestre.

Los componentes de las rocas son diversos y con mayor razón el suelo que ha recibido la influencia prolongada, a través de los años, de factores físicos, químicos y biológicos.

La desintegración de las rocas produce fragmentos que son arrastrados por los torrentes de los ríos y dan origen a los bolones, gravas, gravillas y otros.

Así es como otros materiales granulares forman el subsuelo, se vuelven a compactar o unir entre sí a lo largo del tiempo, a veces por simple compresión o ser aglomerados o ligados por cementos naturales de variada naturaleza, formando un producto de distinta consistencia.

Los suelos más comunes son:

a) Suelo de roca

De acuerdo a su génesis se clasifica en:

- **Ignea:** proveniente del magma, terreno muy adecuado para fundar, duro e impermeable, con excelente resistencia al aplastamiento.

- **Sedimentaria:** proveniente de sedimentos aluviales y coluviales. Terrenos que tienen características variables en función de su resistencia, en general para el caso de las viviendas de madera resultan un buen suelo para fundar.

- **Metamórfica:** proveniente de la transformación de las rocas ígneas y sedimentarias, es más densa, de resistencia muy diferente según la dirección de los esfuerzos a que esté sometida.

En general el suelo de roca es un terreno que reúne las condiciones para fundar, es resistente y no experimenta cambios, pero se debe tener presente algunas restricciones técnicas y económicas.

Por su rigidez no disipa la energía de los sismos transmitiéndola a la superestructura, aspecto que en el caso de la edificación de madera no presenta mayor problema por el comportamiento que tienen las estructuras de madera.

Si la roca donde se funda está fracturada, puede presentar planos de deslizamiento, lo que hace necesario reforzarla con pernos y anclajes especiales.

Si se considera que la excavación en roca requiere de metodologías especiales, resulta altamente costosa y de bajo rendimiento.

b) Suelo de grava

Suelo adecuado para fundar, con excelentes características de drenaje, permeable, a no ser que entre su estrato se encuentre algún material arcilloso.

El material de grava, de granos comprendidos entre 7,5 cm a 2,4 mm, conforma en un alto porcentaje este suelo (mayor del 70 %).

c) Suelo arenoso

Tiene características de formación definida si está bien compactado. Si está suelto se deforma bajo la aplicación de cargas, el peligro mayor se encuentra cuando existen vibraciones induciendo a las partículas pequeñas que llenen los huecos con el resultado de un asentamiento de la fundación. El diámetro medio de los granos se encuentra entre los 0,076 mm y 2,4 mm, por lo que las características de drenaje son variables de acuerdo a sus componentes, especialmente si existen materiales más finos (arcillas) que normalmente absorben agua.

Este tipo de suelo se puede transformar en una arena movediza si se satura y actúa como líquido, o sea, pasando a un estado de resistencia nula conocida como licuefacción.

En general, en terrenos arenosos o gravosos resulta de gran importancia el grado de compactación, sobre todo en zonas sísmicas.

d) Suelo de grano con poca plasticidad

Está compuesto por limos con características de comportamiento intermedio entre arenas y arcillas.

Tiene una cantidad importante de material menor de 0,076 mm y con características de drenaje de regulares a malas.

e) Suelo de grano fino con plasticidad media a elevada

Suelo compuesto principalmente por material de grano medio menor a 0,002 mm arcilloso, con malas características de drenaje, el agua circula a muy pequeña velocidad, se puede considerar como un terreno impermeable.

Sin embargo, normalmente presenta la desventaja de ser susceptible a absorber agua, produciéndose una hinchazón que posteriormente presenta una contracción al secarse, lo que hace altamente peligroso fundar en una zona donde la variación del nivel de agua subterránea permita alcanzar el estrato de estos suelos.

f) Otros suelos

Suelos sobre los que se recomienda no fundar una edificación son:

- Terrenos barrosos de capacidad de carga prácticamente nula.
- Terrenos con capa vegetal importante. Esta debe removerse completamente ya que si se funda sobre ella, se puede descomponer.
- Terrenos de relleno con capacidad de soporte muy baja y que pueden presentar asentamientos importantes.
- Suelos salinos naturalmente cementados, altamente susceptibles a las filtraciones de agua, lo que puede disolver esta estructura salina, resultando posibles asentamientos diferenciales de la fundación que afectan la superestructura.

3.2.1.2.2.2.Presencia de agua en el terreno de fundación

La presencia de agua en el terreno de fundación afecta:

a) La capacidad de soporte del suelo
b) El diseño de la fundación
c) La materialización de la fundación

a) Capacidad de soporte del suelo

Dependiendo de la clasificación del suelo, afectará sus propiedades de diferentes formas, por ejemplo, en terrenos donde predomina la granulometría gruesa (ripio, arena gruesa), el comportamiento será el mismo como si fuese seco.

En cambio, en los suelos de predominio de arenas arcillosas, la humedad actúa como agente cementicio, aumentando la adherencia y volumen de suelo. En este caso, es aconsejable considerar zanjas de drenajes o drenes y así evitar la presencia de agua para que no haya esta variación de volumen.

En suelos arcillosos se debe adoptar el mismo criterio y evitar ciclos alternados de suelos secos a saturados que afectan la capacidad de soporte del suelo, produciendo asentamientos diferenciales.

b) Diseño de la fundación

Si la vivienda se encuentra emplazada en un terreno con presencia de agua superficial en zona lluviosa y con pendiente pronunciada, el agua puede socavar las fundaciones, lo que hace necesario proteger la fundación construyendo zanjas para desviar las aguas.

En el caso de terrenos con exceso de humedad (napa freática superficial), la fundación tenderá a absorber el agua por capilaridad, afectando posiblemente al sobrecimiento en caso de plataforma de piso. Las soluciones son diversas, como fundar sobre pilotes de madera preservada o de hormigón impermeable, sobre la cual se materializa la plataforma de madera.



Figura 3 - 3: Fundación aislada, pilotes impregnados (C.C.A).

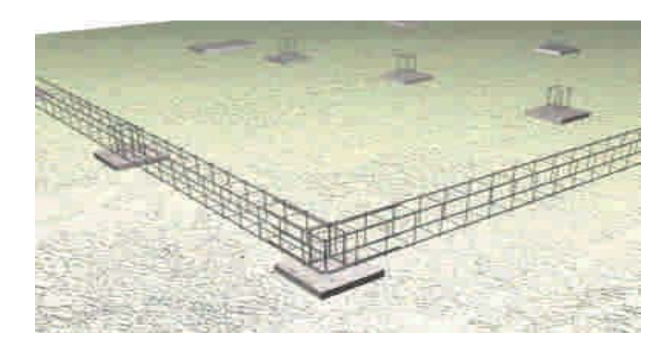


Figura 3 - 4: Fundación continua, pilotes de hormigón con viga de fundación.

En otros casos, será necesario el empleo de drenes, sellos para evitar el acceso del agua por capilaridad. En el caso de la construcción en madera, siempre se debe considerar el tratamiento de impregnación de toda madera que se encuentre en contacto con el hormigón.

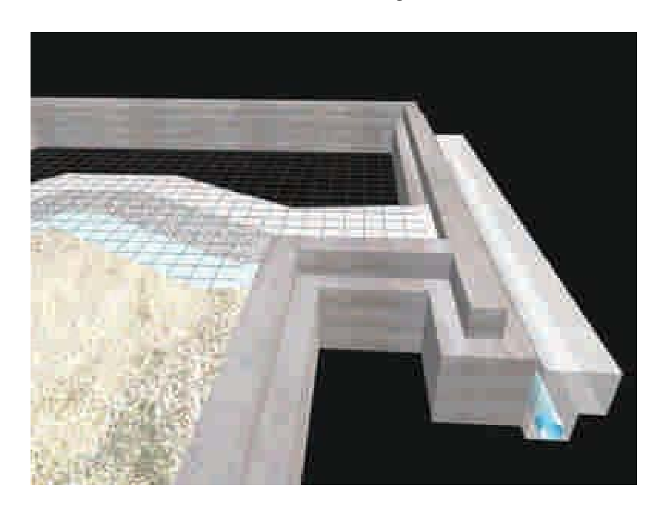


Figura 3 - 5: Tubo de P.V.C perforado adyacente al cimiento y que colecta las aguas, evacuándolas al punto más bajo.

En caso que el emplazamiento de la vivienda se encuentre en zonas frías, las bajas temperaturas congelarán el agua de las capas superficiales del suelo, produciendo un cambio de volumen y afectando sus propiedades. En esta situación las fundaciones deben profundizarse para que no sean afectadas por los cambios de temperatura. Por ejemplo, en el extremo sur de Chile se deben profundizar entre 1,00 m a 1,50 m, según la clase de suelo.

c) Materialización de la fundación

Cuando el sello de fundación se encuentra bajo el nivel de la napa, las condiciones y métodos para la ejecución de la fundación cambian ostensiblemente, repercutiendo fuertemente en los costos, por tal razón se debe realizar las excavaciones atendiendo a:

- no producir efectos negativos con el método de excavar en el suelo de sustentación, debido a las presiones de filtración.
- no modificar las condiciones del suelo que puedan afectar su estructura por el uso de sistemas de drenaje.
- estudiar detenidamente el sistema más económico y seguro para excavación de las fundaciones.

3.2.1.3 Abastecimiento

Resulta de gran importancia conocer los diferentes centros de abastecimiento que existen en el lugar para la construcción (materiales, arriendo de equipos y proveedores en general), estudiar alternativas y conocer los recursos de mano de obra requeridos.

3.2.1.4 Aspectos legales y reglamentarios

Son condiciones impuestas en la comuna por la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, por disposiciones locales que reglamentan el tipo, altura, forma y tamaño de la construcción que se materializará en el lote elegido.

La Ley General de Urbanismo y Construcciones exige que las comunas mayores de 7 mil habitantes cuenten con un plano regulador que especifique información sobre:

- Antecedentes existentes: límites urbanos, avenidas, calles, espacio de áreas verdes y recreacionales, entre otros.
- Uso del suelo: residencial o industrial, rasantes, altura de construcción.
- Proyectos futuros y en estudio: futuros trazados de calles, ensanchamientos de avenidas y calles, entre otros.
- Factibilidad de los servicios: condiciones impuestas por las diferentes empresas que entregan los servicios de alcantarillado, agua potable, gas y electricidad a los usuarios. Para ello se solicita un certificado de factibilidad a las empresas que se comprometen a la entrega de dicho servicio.

- Reglamento interno de condominio: es de gran importancia antes de comprar un terreno que se encuentra dentro de un loteo en condominio, conocer las limitaciones impuestas por el reglamento del condominio como son: número de pisos a construir, características de cierros, distanciamiento a medianeros y otros.

3.2.2 Diseño arquitectónico

En esta etapa el arquitecto comienza a interpretar y a plasmar las ideas del encargo general (programa del proyecto, idea del sistema constructivo y estructural) que el mandante desea materializar.

Para el diseño se considera la estandarización de materiales y elementos que se integrarán al proyecto, así como también todos los aspectos de habitabilidad que aseguren la mejor condición de vida a sus ocupantes, incorporando protección contra la humedad, aislación de la envolvente, protección acústica y calidad del aire interior.

El diseño considera las siguientes etapas:

- **Programa:** Documento en el que se dan a conocer los requerimientos del mandante y que se deben reflejar posteriormente en la construcción de la vivienda.

- **Anteproyecto:** Bocetos de la solución que el arquitecto presenta para satisfacer las necesidades y requerimientos del mandante. Una vez aprobado el anteproyecto, se definen costos y plazos estimativos para que el mandante decida sobre la alternativa más adecuada según sus intereses.

- **Proyecto arquitectónico:** Estudio que comprende:

a) Planos generales de emplazamiento de planta de arquitectura por piso, elevaciones, cortes, y cubiertas.

b) Planos de detalle de escantillón, puertas y ventanas, escaleras, revestimientos con diseño (baños, cocina) y otros.

c) Maquetas para un mejor entendimiento del proyecto, en caso de ser necesario.

3.2.3. Diseño estructural

Dotar al proyecto definido de las estructuras necesarias que le permitan ser capaz de resistir todas las solicitaciones a que será sometido durante su vida útil.

Comprende las siguientes etapas:

- Determinación de tipo y magnitud de las solicitaciones por peso propio, sobrecargas, acción del viento, nieve, temperatura y sismos.

- Estructuración y definición de los elementos que resistirán las solicitaciones estimadas, de forma de asegurar que la estructura cumpla para lo que fue diseñada.

- Diseño de elementos estructurales: definir los materiales, forma y dimensión de los elementos que absorberán los esfuerzos con su diseño de uniones.

- Planos de fundaciones, estructura de plataformas, entramados horizontal, vertical, techumbre, escalera o cualquier otra estructura especial, con memoria de cálculo, recomendaciones y especificaciones respectivas.

3.2.4. Diseño de instalaciones

De acuerdo a las características propias de cada edificación, se deben elaborar planos, especificaciones técnicas y memorias de cálculo para los principales proyectos como son:

- Instalaciones sanitarias (alcantarillado y agua potable)
- Instalación de gas
- Instalación eléctrica
- Especialidades (corrientes débiles, calefacción, etc.)

3.2.5 Documentos complementarios

Son los que complementan al diseño. Entre ellos destacan:

- Especificaciones técnicas: conjunto sistematizado de requisitos técnicos necesarios para ejecutar la vivienda, complementar la representación gráfica del proyecto según diseño y contener todas aquellas exigencias que sea posible o conveniente indicar en los planos, definiendo los criterios de aceptación para determinar el control de calidad de ésta.

- Bases administrativas: cláusulas que definen conceptos, atribuciones, procedimientos y responsabilidades durante la etapa de la construcción, de forma que la relación entre mandante y constructor sea expedita.

- Estudio presupuestario: comprende el estudio de cubicación del proyecto a materializar, análisis del precio unitario de cada una de las partidas, cancelación de derechos, aportes, permisos y seguros, gastos generales y utilidad.

3.2.6 Constructabilidad

Definido como el empleo óptimo del conocimiento y experiencia en construcción en la planificación, diseño, adquisición y ejecución de actividades que conforman el proyecto a materializar.

La participación de personas con experiencia y conocimiento en construcción, desde las actividades preliminares de un proyecto, permite una operación más eficiente y eficaz en terreno.

Poder prever y adelantarse a las dificultades que puedan acontecer en la obra permite tomar las medidas para dar solución en forma anticipada durante la etapa de diseño o planificación.

BIBLIOGRAFIA

- American Plywood Association, "Wood Reference Handbook", Canadian Wood Council, Canadá, 1986.
- Bascuñan, R; Ghio, V; De Solminihac, H; Serpell, A, "Guía para la innovación tecnológica en la construcción", 2° Edición, Editorial Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile, 1998.
- Branz, "House Building Guide", Nueva Zelanda, 1998.
- Centro Madera Arauco, "Ingeniería y Construcción en Madera", Santiago, Chile, 2002.
- De Solminihac, H; Thenoux, G, "Procesos y Técnicas de Construcción", Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile, 1997.
- Evans, J; Lindsay, W, "Administración y Control de la Calidad", Internacional Thomson Editores, México, 2000.
- Guzmán, E; "Curso Elemental de Edificación", 2° Edición, Publicación de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, Santiago, Chile, 1990.
- Gonzalo, G; "Manual de Arquitectura Bioclimática", Imprenta Arte Color Chamaco, Tucumán, Argentina, 1998.
- Heene, A; Schmitt, H, "Tratado de Construcción", 7° Edición Ampliada, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.
- Lewis, G; Vogt, F, "Carpentry", 3° Edición, Delmar Thomson Learning, Inc., Nueva York, EE.UU., 2001.
- Millar, J; "Casas de Madera", 1° Edición, Editorial Blume, Barcelona, España, 1998.
- Mutual de Seguridad Mutual Universal 2001 Cie Inversiones, "Manual Técnico de la Construcción Gestión de la Prevención de Riesgos Laborales y de la Protección del Medio Ambiente", Editoriales Dossat, 2000.
- Neufert, E; "Arte de Proyectar en Arquitectura", 14° Edición, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.
- Spence, W; "Residencial Framing", Sterling Publishing Company, Inc., Nueva York, EE.UU., 1993.
- Stungo, N; "Arquitectura en Madera", Editorial Naturart S.A Blume, Barcelona, España, 1999.
- Thallon, R; "Graphic Guide to Frame Construction Details for Builder and Designers", The Taunton Press, Canadá, 1991.
- www.inn.cl (Instituto Nacional de Normalización).


CORPORACION CHILENA DE LA MADERA
CORMA
CHILE PAIS FORESTAL

Unidad 4

SEGURIDAD Y PREVENCION DE RIESGO EN LA CONSTRUCCIÓN



Centro de Transferencia Tecnológica

Unidad 4

UNIDAD 4

SEGURIDAD Y PREVENCION DE RIESGO EN LA CONSTRUCCIÓN

4.1 GENERALIDADES

Hoy en día no se concibe una empresa exitosa sin políticas de seguridad y prevención de riesgos, sin preocupación por la seguridad de sus trabajadores en faenas. Esto se complementa por razones de:

- Responsabilidad ética
- Mandato legal
- Interés económico
- Imagen de la empresa

En toda obra o industria de la construcción, los trabajadores se empeñan en garantizar que los bienes o servicios que la empresa ofrece a sus clientes, contengan las prestaciones que ellos demandan. Esto se obtiene a través de la calidad que cada uno de los trabajadores imprime al producto, sumado a la capacidad para hacer entrega en el instante que la demanda lo requiera.

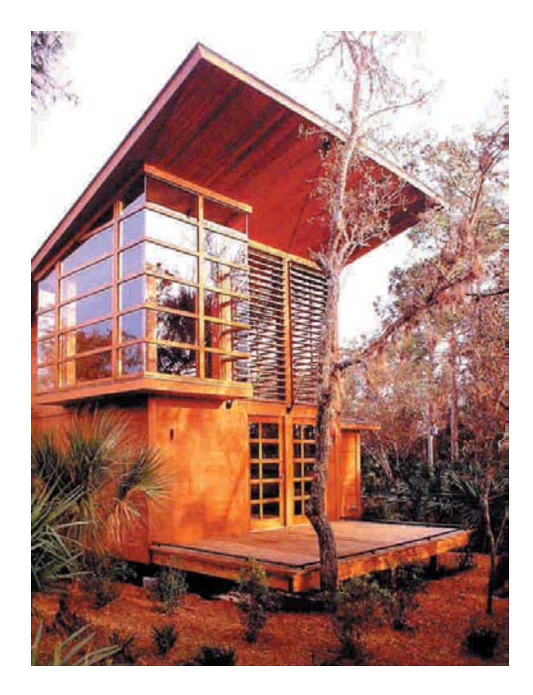


Figura 4-1: Toda obra de arquitectura ofrece riesgos de accidentes durante su ejecución.

Esto determina la posibilidad de introducir productos en el mercado que dependen de la productividad del factor trabajo.

La productividad a su vez depende de mantener una capacidad de producción en el tiempo y de la facilidad para realizar la labor, a modo de garantizar una alta productividad por cada trabajador adicional.

En la primera variable, la productividad medida del factor trabajo, depende directamente de la disponibilidad del trabajador para desempeñar las actividades que se le encomienden. En el segundo, depende directamente de los elementos que el trabajador requiere para realizar lo encomendado.

Para asegurar la capacidad productiva del factor trabajo, la empresa requiere que el trabajador se desempeñe en el lugar designado y tenga un nivel de salud compatible con la labor a realizar. Además de dotar al trabajador de conocimientos y recursos necesarios para lograr el producto deseado.

Por lo expuesto, las empresas deben realizar el máximo esfuerzo en la prevención de riesgos laborales, evitando o reduciendo probabilidades de que ocurran accidentes durante la faena, también limitar y controlar enfermedades producto de la exposición del organismo del trabajador a un medio hostil.

4.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SECTOR CONSTRUCCIÓN

4.2.1 Mano de obra no capacitada

Una de las principales características de los trabajadores de la construcción constituye su falta de capacitación formal en áreas de especialidad. La mayoría ingresan a la construcción sin tener oficio o profesión determinada. Buscan trabajo donde no requieren estudios o es más fácil iniciarse. De este modo ingresan a alguna obra en el puesto de jornal, desde donde pasan a ayudante de maestro, y con el transcurso de los años y deseos de aprender un oficio determinado, se transforman en maestros. Si estos trabajadores reúnen ciertas condiciones,

referidas principalmente a don de mando y poder organizativo, pueden acceder a puestos superiores como capataz, y por último, como jefe de obra.

Como se puede apreciar, en todo este proceso es muy baja la capacitación en la formación de cada oficio. Sólo algunos pueden acceder a cursos, a través de instituciones como corporaciones u organismos, en los cuales se ofrecen distintos programas desde capacitación básica en oficios como gasfitería, albañilería o carpintería, pasando por niveles intermedios como interpretación de planos, hasta llegar a cursos para capataces y jefes de obra.

Sin embargo, a pesar de la existencia de estos programas de capacitación, son pocos los trabajadores que pueden ingresar a ellos, principalmente por los horarios (vespertinos), costos y en general, por la baja escolaridad.

Es así, entonces, como la formación de los trabajadores de la construcción se consigue casi única y exclusivamente en el trabajo diario, aprendiendo oficios con los mismos vicios y virtudes de sus eventuales maestros.

Esta característica del trabajador en la construcción, de contar con escasa preparación, cobra especial importancia al tratar de implantar medidas de seguridad o métodos de trabajo seguros, pues el trabajador tiende a hacer las cosas siempre de la misma forma como las aprendió, resultando muy difícil su incorporación a esquemas nuevos y rigurosos.



Figura 4-2: El trabajador debe ser dotado con los elementos de seguridad que le permitan enfrentar con seguridad el trabajo asignado.

4.2.2 Rotación de mano de obra

Una característica muy particular de la construcción es la alta rotación de trabajadores e inestabilidad de la fuente de trabajo, debido principalmente a la transitoriedad de las obras. De este modo, existen empresas que a veces superan el 250% de rotación del personal en un año, porque tienen obras de muy corta duración y baja ocupación de personal.

Esto trae consigo bastantes problemas, sobre todo en la administración de la obra, puesto que es difícil conocer a todos los trabajadores contratados durante el período que dura la obra, siendo prácticamente imposible establecer métodos de trabajo estandarizados y alguna capacitación. En muchas obras se contrata mano de obra no calificada para la función que se debe desempeñar, lo que se percibe sólo al cabo de los primeros trabajos ejecutados, por lo que la empresa incurre en grandes pérdidas.



Figura 4-3: Trabajador realizando cortes en la madera en la sierra de banco protegiendo sus manos (guantes), oídos (tapones) y cabeza (casco).

Se aprecia en general un comportamiento diferente entre el trabajador del sector industrial con respecto al de la construcción, ya que el segundo resulta poco apegado a las normas de la empresa en cuanto a convivencia interna, administración o seguridad, ya que está consciente que su paso por ella es transitorio.

4.2.3 Cambio de lugares de trabajo

Otra característica del rubro construcción es el cambio frecuente de lugares de trabajo, debido a diferentes emplazamientos y ubicación de las obras. Es frecuente el continuo peregrinaje de trabajadores de una obra a otra,

incluso, el cambio de función dentro de la misma. Esto trae consigo problemas en el aspecto de seguridad, ya que el trabajador tiene que enfrentarse día a día con nuevos ambientes de trabajo, desconociendo en la mayoría de los casos los riesgos propios del quehacer.

Al cambio de ambiente físico se suma el hecho de contar con nuevos compañeros de trabajo y jefes y por ende, nuevos sistemas. Además de lo anterior, muchas veces hay que considerar otros factores, como cambio de clima, topografía, erradicación temporal del trabajador de su hogar y vida en campamento, entre otros, todos factores que afectan de alguna manera la productividad y seguridad de una obra.

4.2.4 Cambio de sistemas de trabajo

Como se esbozó en el punto anterior, el continuo cambio de lugar de trabajo o de empresa, trae consigo que el trabajador debe adaptarse a constantes cambios. Esto le produce desorientación, ya que requiere tiempo de adaptación al nuevo sistema. La desorientación es mayor cuanto más complejo sea el cambio. Pasar de un sistema artesanal a uno semi-industrial se torna complicado para cualquier trabajador, más aún, con la característica de baja preparación en la construcción anteriormente descrita. El caso inverso también es complicado, es decir, volver luego de una sesión de capacitación acuciosa al antiguo sistema artesanal, hace que la persona sienta una baja de categoría, con el consiguiente deterioro psicológico que esto conlleva.

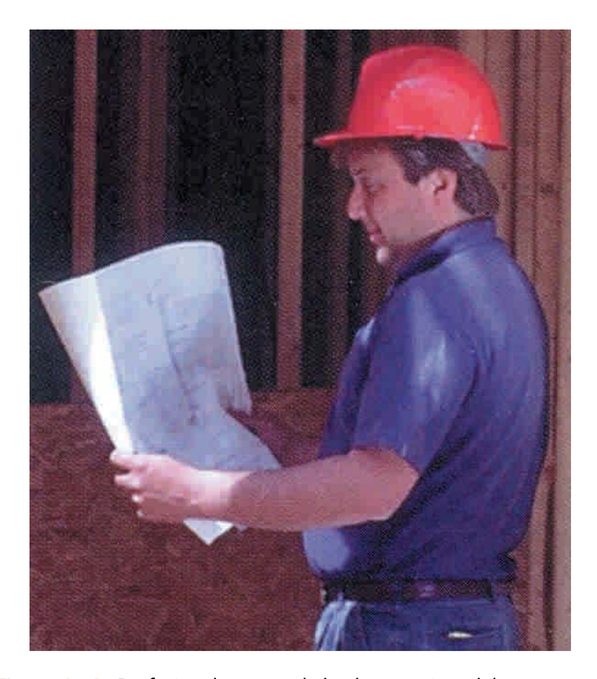


Figura 4 - 4 : Profesional a cargo de la obra provisto del correspondiente casco de seguridad.

Muchas veces los cambios no se deben sólo a que el trabajador rote de trabajo, es equivalente si tiene especificaciones técnicas distintas a las tradicionales. También influye la incorporación de nuevas tecnologías que las empresas constructoras van implementando en sus sistemas de trabajo, con el afán de ser más productivas y rentables.

4.2.5 Alta competencia en el sector

La alta competencia del rubro construcción hace que las empresas trabajen con presupuestos muy ajustados, ya que gran parte de las obras se adjudican por propuesta, obligando a estudiar ajustes de precios y utilidades. Para llevar a cabo el contrato, las empresas deben abaratar costos, manejando casi siempre el recurso más flexible que es la mano de obra y recortando presupuestos en la instalación de faena, ejecutándola de la forma más económica que la funcionalidad permita.

También se ha eliminado de los presupuestos el antiguo porcentaje dedicado a imprevistos, de tan frecuente ocurrencia en una obra de construcción. Esto se supera, en muchos casos, especificando con más detalles el proyecto, a fin de que los imprevistos puedan surgir con cargo al mandante. Siempre es aconsejable considerar imprevistos como paralización de las actividades normales de la obra por mal tiempo, escasez de mano de obra especializada, casos en los cuales la empresa debe asumir mayores costos implícitos. Consideraciones que dada la alta competencia del sector, en la mayoría de los casos obliga a dejar fuera algunos presupuestos que hoy resultan de gran importancia como la capacitación y prevención de riesgos en la obra.

4.2.6 Infraestructura de empresas

La diversidad de empresas constructoras existentes, en términos de especialidad, tamaño, infraestructura y capacidad económica, tienen facilidades para ingresar a este rubro, ya que no necesitan de gran infraestructura para funcionar.

Esto lleva a la aparición de empresas con características precarias que disponen de escasos recursos materiales, la mayoría arrendados por el tiempo que dure la obra.



Figura 4 - 5: Trabajador protegiendo sus manos, ojos y oídos con los elementos adecuados de seguridad.

Instalaciones de obra rudimentarias, maquinarias en mal estado de conservación y mantenimiento, mano de obra mal calificada. Esta infraestructura en la mayoría de los casos, sumada a la transitoriedad de las obras, crea un sinnúmero de condiciones que las hace altamente inseguras para los trabajadores.

También se puede observar que muchas empresas medianas no cuentan con departamentos de mantenimiento, capacitación o prevención de riesgos. Para cumplir con la Ley N° 16.744, las empresas se limitan a contratar un experto en prevención a jornada parcial, aún cuando cuenten con el número de trabajadores exigidos para formar un departamento de prevención de riesgos con expertos a jornada completa. Sólo las grandes empresas sobresalen a esta característica, ya que han logrado tener una trayectoria exitosa y permanente en el tiempo, pudiendo desarrollar una estructura organizacional con recursos adecuados.

4.3 DISCIPLINAS DE LA PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

4.3.1 Prevención de riesgos profesionales

Es la técnica aplicada a la detección, evaluación y control de riesgos potenciales presentes en el ambiente laboral (humano y físico) que puedan afectar al individuo, equipos e instalaciones. Significa controlar:

- Accidentes en el trabajo
- Enfermedades profesionales
- Equilibrio armónico del ambiente y trabajo

4.3.2 Conceptos generales y definiciones

4.3.2.1 Accidente del trabajo

Hecho inesperado (acontecimiento no deseado) que interrumpe un proceso normal de trabajo y puede dar como resultado algunos de los siguientes problemas:

- Lesiones a personas
- Daños a equipos
- Daños a materiales
- Daños a instalaciones
- Interrupción del proceso productivo, con pérdida de tiempo
- Incidencia directa o indirecta en la calidad final del producto



Figura 4 - 6: Trabajador usando las herramientas adecuadas, protección de los ojos y cabeza.

Bajo el punto de vista jurídico, esta definición es diferente a la de la Ley N° 16.744, que define como accidente del trabajo "toda lesión que una persona sufra a causa o con ocasión del trabajo y que le produzca incapacidad o muerte", o sea, accidente y lesión son dos conceptos inseparables, existiendo una marcada diferencia del concepto de accidente desde el punto de vista legal, cuya finalidad es indemnizar al accidentado, y desde el punto de vista preventivo de la seguridad industrial, que busca evitar que estos hechos imprevistos ocurran.

4.3.2.2 Accidente de trayecto
Accidente que ocurre en el trayecto directo de ida o regreso desde el domicilio del trabajador y su lugar de trabajo. Es considerado como accidente del trabajo, y asegura a los trabajadores las mismas prestaciones médicas y económicas en ambos tipos de siniestro.

4.3.2.3 Accidente de circulación por el trabajo
Accidente que se produce cuando el trabajador requiere desplazarse fuera de su centro de trabajo habitual por cualquier medio de transporte.

4.3.2.4 Enfermedad profesional
Es causada de manera directa por el ejercicio de la profesión o el trabajo que realiza una persona y que le produce incapacidad o muerte. Las enfermedades profesionales se suelen producir de forma lenta y progresiva, como consecuencia de la exposición del trabajador durante cierto tiempo a riesgos ambientales, los que se clasifican como:

- Riesgos químicos
- Riesgos físicos
- Riesgos biológicos

Según el reglamento, las enfermedades profesionales tipificadas son:

4.3.2.5 Incidente
Acontecimiento no deseado, que bajo circunstancias diferentes, pudo haber resultado en lesión o daño.

4.3.2.6 Peligro:
Cualquier situación (condición o acto) que posibilita lesión o daño.

4.3.2.7 Riesgo
Probabilidad de que algún peligro específico resulte en pérdida.

4.3.2.8 Lesiones no incapacitantes
Lesión que requiere tratamiento de primeros auxilios, considerando que el tiempo perdido es el que se produce como consecuencia de atender la lesión, no siendo mayor a una jornada.



Figura 4 - 7: Diferentes elementos de protección que deben ser usados en obra según el riesgo para ojos, oídos, vías respiratorias y manos, entre otros.

4.3.2.9 Lesiones incapacitantes
Lesión que requiere tratamiento médico y produce ausencia del trabajo igual o superior a una jornada.



Figura 4 - 8: Protección de manos al efectuar cortes en la madera con sierra manual.

4.3.2.10 Observación planeada del trabajo
Técnica cuyo objetivo es determinar si una tarea se está efectuando de acuerdo al procedimiento previsto, permitiendo identificar conductas inseguras, falta de destreza, inhabilidades o contradicciones para el trabajo.

4.3.2.11 Inspección planeada del trabajo

Técnica que permite identificar riesgos asociados a herramientas, máquinas, equipos, instalaciones y actitudes que puedan ser causa de lesiones o pérdidas materiales en el lugar de trabajo.

4.3.2.12 Análisis de tareas

Análisis de cada paso en una tarea específica, con el objeto de identificar riesgos asociados a cada fase y definir procedimientos para la ejecución eficiente y correcta del trabajo.

4.3.3 Seguridad e Higiene Industrial

En el campo de la prevención de riesgos y como una forma de especialización y control, se han establecido dos áreas de acción: Seguridad Industrial e Higiene Industrial.



Figura 4 - 9: Todos los trabajadores deben estar motivados en contribuir a la eliminación de acciones y condiciones inseguras en el trabajo.

4.3.3.1 Seguridad Industrial

Area de la prevención de riesgos laborales que se ocupa fundamentalmente de identificar, evaluar y controlar aquellos riesgos potenciales que puedan producir accidentes o pérdidas materiales en los lugares de trabajo.

Desde la definición de un proyecto de construcción, siguiendo por el diseño y la planificación, hasta la puesta en marcha, intervienen numerosas personas: profesionales independientes, integrados a empresas, organismos oficiales, contratistas, subcontratistas, técnicos, trabajadores, promotores inmobiliarios y finalmente usuarios de la obra.

Esta diversidad de personas hace que el proceso constructivo sea complejo, razón por la cual resulta fundamental incorporar técnicas preventivas a las empresas constructoras y a las obras que ejecuten.



Figura 4 - 10: Se deben proteger ojos, cabeza y manos.

Para cumplir con objetivos económicos, manteniendo la calidad constructiva y respetando los plazos, las empresas reducen los costos para ser más competitivas, lo que dificulta realizar un programa orientado a la reducción de accidentalidad.

El empresario debe conseguir controlar riesgos mediante la implantación de programas orientados a mejorar la eficiencia operacional, la calidad de vida de los trabajadores, y lograr una mejor imagen corporativa de la empresa.

El conjunto de actividades de un programa de actuaciones preventivas se puede integrar en tres grupos de actuaciones, dependiendo del momento y el objetivo que se desea lograr. Estos son:

a) **Actividades preventivas:**

- Liderazgo y compromiso directivo
- Entrenamiento laboral
- Elaboración de inventarios críticos
- Análisis de tareas
- Elaboración de procedimientos
- Inspecciones planeadas
- Observaciones planeadas
- Cumplimiento de disposiciones legales
- Establecimiento de reglamentos y normas internas
- Comunicaciones internas
- Control de contratistas
- Control de compras



Figura 4 - 11: Al desarrollar una actividad en andamios, el trabajador debe siempre utilizar cinturón de seguridad.

b) **Actividades reactivas**:

Investigación de sucesos no deseados como:

- Accidentes
- Incidentes
- Interrupción de procesos

c) **Actividades de conservación:**

- Mantenimiento preventivo
- Preparación de situaciones de emergencia



Figura 4 - 12: Trabajo en altura, como por ejemplo, colocación de cubierta en vivienda de dos pisos, uso de arnés unido a línea de vida.

4.3.3.2 Higiene Industrial

Es la disciplina que se ocupa del reconocimiento, evaluación y control de los riesgos ambientales (químicos, físicos o biológicos) que pudieren, en determinadas circunstancias, provocar en el individuo una enfermedad profesional, causada por los agentes enunciados.

4.4. CAUSAS DE UN ACCIDENTE

4.4.1 Generalidades

Los accidentes no existen por casualidad, siempre hay algo que los causa.

Los accidentes y/o enfermedades profesionales dañan el sistema interior de la empresa, produciendo una especie de entalpía (energía negativa) que se libera al interior del sistema y produce lesiones y pérdidas. Un profesional a cargo de una faena específica, debe saber reconocer las causas de los accidentes y tomar las medidas necesarias para eliminarlas.



Figura 4 - 13: Anteojos especiales de seguridad que deben ser usados cada vez que la actividad signifique riesgo de desprendimiento de partículas. Por ejemplo, corte de piezas de madera con sierra electrica.

4.4.2 Accidentes típicos en las obras de construcción

Considerando las estadísticas que existen, los accidentes más significativos del sector desde el punto de vista de la incidencia son:

- Golpes
- Sobreesfuerzos
- Caídas de personas a distinto nivel
- Caídas de personas al mismo nivel
- Caídas de objetos
- Proyección de partículas
- Pisadas sobre objetos punzantes
- Los derivados de la manipulación manual de materiales
- Atrapamiento por objetos
- Atropellos

- Derrumbes
- Atrapamiento por vuelco de máquinas

Desde el punto de vista de la gravedad:

- Caídas de personas a distinto nivel
- Atropellos
- Atrapamientos por vuelco de máquinas
- Atrapamientos por objetos
- Derrumbes
- Contactos con la electricidad
- Caídas de objetos

Las causas inmediatas por las cuales se producen este tipo de accidentes en la construcción, se pueden resumir en:

- Lugares de trabajo estrechos, desordenados y mal iluminados

- Superficies de trabajo, en condiciones defectuosas, como andamios, plataformas elevadas y escaleras.

- Máquinas y herramientas en mal estado o sin las protecciones necesarias

- Elementos defectuosos para el izado de cargas

- Instalaciones eléctricas en mal estado

- Iluminación insuficiente

- Mala ventilación en espacios confinados

- Quemaduras por trabajos de soldaduras

- Trabajos permanentes en posturas incómodas

- Falta de organización en la circulación de vehículos por la obra

- Actitudes temerarias por parte de los trabajadores

- Actuación de los trabajadores en contra de las normas establecidas

Lo importante es que, conocidos los problemas, el objetivo es encontrar soluciones eficaces, tanto desde el punto organizativo como desde el ejecutivo.

4.4.3. Elementos que participan en un accidente
Para entender mejor las causas de los accidentes, se deben considerar cuatro elementos principales:

a) Trabajadores
b) Ambiente
c) Máquinas y herramientas
d) Materiales

a) Trabajadores:
Incluye a todo el personal que ejecuta labores productivas o administrativas.



Figura 4 - 14: Las escaleras no deben ser estructuras fabricadas improvisadamente en obra. Es recomendable el uso de escaleras metálicas.

b) Ambiente:
Condiciones o circunstancias físicas, sociales y económicas, entre otras, en el lugar de trabajo.

c) Máquinas y herramientas:
Todas las que dispone el trabajador para realizar su trabajo diario.

e) Materiales:
Elementos con los cuales el trabajador labora, formando diferentes estructuras y productos terminados.

4.4.4 Causas inmediatas que originan los accidentes
Las causas inmediatas son consecuencia directa de las causas básicas que originan accidentes. Estas son acciones inseguras y condiciones inseguras.

4.4.4.1 Acciones inseguras
Todo acto que comete el trabajador que lo desvía de una manera aceptada como segura, como por ejemplo:

- Usar los equipos, máquinas y/o herramientas en forma inadecuada

- Manejo inadecuado de materiales

- No utilizar elementos de protección personal

- Operar equipos sin autorización

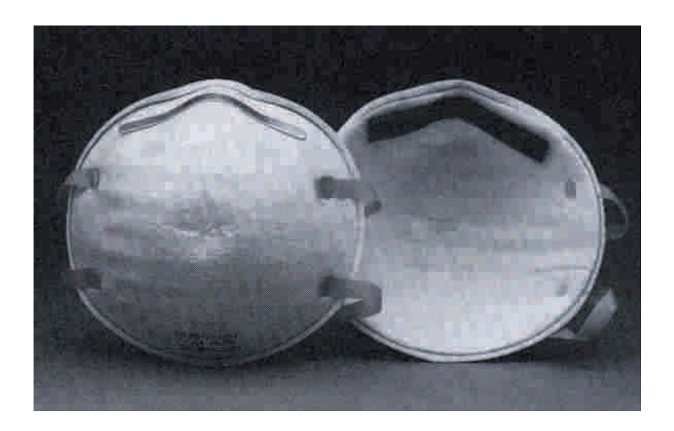


Figura 4 - 15: Mascarillas que deben ser utilizadas en ambientes de emanación de polvo.

4.4.4.2 Condiciones inseguras
Situación de riesgo creada en el ambiente de trabajo, como por ejemplo:

- Instalaciones eléctricas defectuosas
- Sierra de banco sin protección en zonas de peligro o contacto con el trabajador
- Falta de orden y aseo
- Superficie de trabajo defectuosa, escaleras en mal estado, falta de tablones en andamios
- Ruidos anormales en máquinas por falta de mantenimiento o mal uso de ellas.
- Ambiente tóxico por emanación de solventes y gases, entre otros.

4.5 FACTORES PERSONALES, TÉCNICOS O DEL TRABAJO

4.5.1 Factores personales
Son los que permiten que el trabajador actúe de una manera y no de otra, es decir, haga o no lo que corresponde.

La respuesta a esta actitud se puede deber a tres razones:

- No sabe qué hacer o cómo hacerlo. Desconocimiento.
- No quiere hacerlo. No le motiva hacerlo como corresponde, aunque sabe cómo.
- No puede hacerlo por incapacidad o se encuentra desadaptado.

Para evitar estos factores personales y/o controlarlos se debe:

- Instruir adecuadamente al personal en la forma que ejecuta su trabajo, en los riesgos que implica el desarrollo de éste y en la protección apropiada para la ejecución.
- Motivar y comunicar adecuadamente a los trabajadores para alcanzar nuevas metas.
- Ubicar o reubicar al personal de acuerdo a sus condiciones o aptitudes.



Figura 4 -16: Varios tipos de protectores de oídos, según nivel de riesgo acústico, condiciones del medio y aceptación del usuario según anatomía.

4.5.2 Factores técnicos o del trabajo
Son las condiciones de riesgo ambientales, de equipos, materiales o métodos.

Estos factores se determinan por:

- Fallas en los equipos o máquinas por mal funcionamiento y falta de mantenimiento, entre otros.
- Mala disposición para realizar el trabajo. El lugar para desarrollar la actividad no cuenta con espacio suficiente, desordenado, sin bancos de trabajo, etc..
- Métodos o procedimientos inadecuados, falta de instrucción al trabajador, mal uso de equipo y/o herramientas, y manejo inadecuado de materiales, entre otros.

El control de estos factores ayuda a eliminarlos. Para esto se debe considerar:

- Planificar y controlar las operaciones, estudiando el método de trabajo apropiado.
- Distribuir en forma correcta las herramientas y equipos.
- Contemplar un plan de mantención de máquinas, orden y aseo general.
- Estandarizar los procedimientos de operación.



Figura 4-17: Sólo se deben usar andamios de estructura, barandas y tablones metálicos que entregan una mayor seguridad para trabajos en altura.

En Anexo III se adjuntan cartillas de prevención de riesgos de las actividades de mayor riesgo en la construcción de viviendas en madera.

BIBLIOGRAFIA

- American Plywood Association, "Wood Reference Handbook", Canadian Wood Council, Canadá, 1986.
- Branz, "House Building Guide", Nueva Zelanda, 1998.
- Canada Mortgage and Housing Corporation, CMHC, "Woodframe Envelopes in the Coastal Climate of British Columbia", Publicado por CMHC, Canadá, 2001.
- De Solminihac, H; Thenoux, G, "Procesos y Técnicas de Construcción", Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile, 1997.
- D.F.L. N° 458 y D.S N° 47 Ley y Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU)
- Goring, L.J; Fioc, LCG, "First-Fixing Carpentry Manual", Longman Group Limited, Inglaterra, 1983.
- Guzmán, E;"Curso Elemental de Edificación", 2° Edición, Publicación de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, Santiago, Chile, 1990.
- Heene, A; Schmitt, H, "Tratado de Construcción", 7° Edición Ampliada, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.
- Lewis, G; Vogt, F, "Carpentry", 3° Edición, Delmar Thomson Learning, Inc., Nueva York, EE.UU., 2001.
- Mutual de Seguridad Mutual Universal 2001 Cie Inversiones, "Manual Técnico de la Construcción, Gestión de la Prevención de Riesgos Laborales y de la Protección del Medio Ambiente", Editoriales Dossat, 2000.
- Spence, W; "Residencial Framing", Sterling Publishing Company, Inc., Nueva York, EE.UU., 1993.
- Wagner, J; "House Framing", Creative Homeowner, Nueva Jersey, EE.UU., 1998.
- www.ine.cl (Instituto Nacional de Estadísticas).
- www.inn.cl (Instituto Nacional de Normalización).
- Decreto N°40. Reglamento sobre prevención de riesgos profesionales.
- Decreto N° 54. Reglamento para la constitución y funcionamiento de los comités paritarios de higiene y seguridad.
- Decreto N° 78. reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales mínimas en los lugares de trabajo.
- NCh 347 Of 99 Construcción: Disposiciones de seguridad en demolición.
- NCh 349 Of 99 Construcción: Disposiciones de seguridad en excavación.
- NCh 350 Of 60 Instalaciones eléctricas provisionales en la construcción.
- NCh 351 Of 56 Escalas portátiles de madera.
- NCh 502 Of 70 Guantes de seguridad – Terminología y clasificación.
- NCh 721 EOf 71 Protección personal – Calzado de seguridad – Terminología y clasificación.
- NCh 997 Of 99 Andamios: Terminología y clasificación.
- NCh 999 Of 99 Andamios de madera de doble pie derecho: Requisitos.
- NCh 1258/0 Of 97 Equipos de protección personal para trabajos con riesgos de caídas. Parte 0: Terminología y clasificación.
- NCh 1258/1 Of 97 Equipos de protección personal para trabajos con riesgo de caídas: Requisitos y marcado.
- NCh 1261 Of 77 Protección personal – Respiradores – Métodos de ensayo.
- NCh 1301 Of 77 Protección personal: Anteojos protectores contra impacto. Requisitos
- NCh 1358 Of 79 Protectores auditivos: Clasificación.
- NCh 1331/1 Of 78 Protección personal: Protección contra el ruido.
- NCh 1582 Of 79 Protección de los ojos: Filtros ultravioletas: Requisitos.
- Ley N° 16.744. Normas sobre accidentes del trabajo y enfermedades profesionales.


CORPORACION CHILENA DE LA MADERA
CORMA
CHILE PAIS FORESTAL

Unidad 5

HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS





Unidad 5

UNIDAD 5

HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS

5.1 INTRODUCCIÓN

Por herramienta e instrumento entenderemos un conjunto de piezas combinadas adecuadamente, que sirven con determinado objetivo el ejercicio de las artes y oficios.

Las herramientas e instrumentos ayudan a dar forma a la madera, desde la tala del árbol hasta el producto final, sea éste un mueble o el elemento estructural de una obra. Estas piezas tienen ingerencia en la obtención de un resultado óptimo y eficiente.

Es importante destacar que, si bien las herramientas son importantes en el trabajo a realizar, la labor y desarrollo de las habilidades de quien las maneje son esenciales, sobre todo en las herramientas manuales.

Sumado a lo anterior, el correcto y óptimo uso de las herramientas requiere conocimiento en la disposición de los elementos físicos y constitutivos de la estructura de madera. Frecuentemente, los nudos, fibras y otras características naturales de la madera, pueden ser un problema para las herramientas.

A modo de ejemplo, el trabajar en el sentido de la veta en la madera hará que la labor sea más sencilla, en cambio, hacer cortes contrarios a la veta, podrá inducir a la herramienta a perder dirección e introducirse en la madera, acentuándose dicha dificultad si se usan herramientas mecánicas.

En carpintería podemos dividir las herramientas en dos grupos generales:

- Manuales
- De banco

Invertir en buenas herramientas, en la medida que el presupuesto lo permita, es muy importante, ya que son más seguras, fáciles de usar y mantener, obteniéndose óptimos resultados.

Los instrumentos a utilizar en carpintería son un complemento indispensable para las herramientas, ya que permiten obtener formas y dimensiones, así como efectuar el control a la forma y geometría de los elementos terminados, según el proyecto que se desea materializar.

Los instrumentos pueden dividirse, en general, en dos grupos:

- Mecánicos
- Electrónicos

Con respecto a la adquisición y uso de las herramientas e instrumentos, se debe tener presente ciertos aspectos para lograr un trabajo en condiciones óptimas y seguras:

- Deben ser de marca conocida y certificada.
- Deben ser usadas para lo que fueron diseñadas.
- Deben cumplir con las indicaciones del manual de uso y mantención.

5.2. HERRAMIENTAS

En este manual se describirán las herramientas más relevantes utilizadas en la construcción de viviendas estructuradas en madera, las que ayudarán en la unión, fijación, corte, perforación, desbaste, pulido y desmontaje de los elementos y estructuras.

5.2.1. Herramientas manuales

Son herramientas livianas y portátiles, lo que permite agilizar muchas acciones, sobre todo aquellas que requieren ser realizadas fuera de un taller, como son el montaje e instalación de estructuras. Permiten acceder a lugares en posiciones que no serían posibles, de no ser por la adaptación manual que tienen y lo manejables que resultan ser. Pueden clasificarse en herramientas:

- Mecánicas
- Eléctricas
- Neumáticas

5.2.1.1. Herramientas mecánicas

Son aquellas herramientas que requieren la aplicación de fuerza del ser humano para realizar su labor.

Se pueden clasificar en herramientas de corte, perfilado y pulido, perforación, percusión y extracción.

5.2.1.1.1. Herramientas de corte

a) De corte dentado

Estas herramientas cuentan con una hoja de acero templado con dientes triangulares inclinados hacia delante. El corte lo realizan por medio de un movimiento de vaivén, cuando avanza la hoja se hace el corte y al retroceder, recupera su posición.

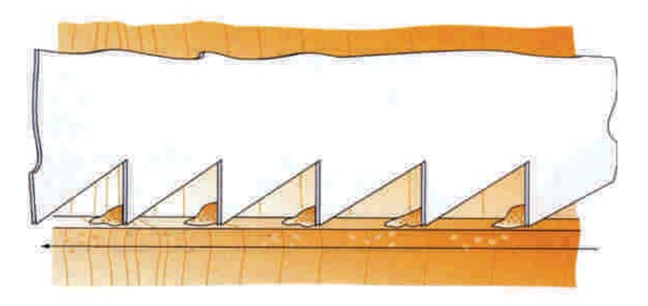


Figura 5 - 1 : Dientes de un serrucho.

En este subgrupo encontramos las siguientes herramientas:

- **Sierra común:** constituida por un armazón de madera y una hoja de acero de aproximadamente 80 cm de largo, que se estrecha en sus extremos para quedar insertada en sus correspondientes clavijas mediante pasadores. Varias vueltas de cuerda unen los extremos superiores de los cabeceros. La tarabilla retuerce la cuerda y, apoyándose en el travesaño, tensa la hoja de acero. La limitante de esta herramienta es que no permite aserrar tablas a lo largo, siendo la máxima medida a cortar, la distancia que hay entre la hoja de acero y el travesaño central.



Figura 5 - 2 : Sierra común con estructura de madera.

- **Arco de sierra:** consta de un marco de acero flexible en forma de U, con prensas en cada extremo para sujetar la hoja de sierra, más un mango. Es una buena herramienta para trabajos minuciosos y presenta la misma limitación que la sierra común.



Figura 5 - 3 : Arco de sierra.

- **Serrucho común:** consta de una hoja más ancha que las utilizadas en las sierras con cantos convergentes, donde en la parte más ancha se inserta una empuñadura fijada a la hoja por medio de tornillos remachados. Presenta la ventaja de no tener limitaciones en cuanto a la extensión de cortes rectilíneos.



Figura 5 - 4 : Serrucho común.

- **Serrucho de costilla:** está conformado por una hoja de forma rectangular, más fina y con dientes más pequeños que el serrucho común. Va reforzado en el canto superior por un perfil metálico en forma de canal para proporcionarle rigidez a toda la hoja, permitiendo realizar un corte más recto. Se utiliza para cortes de precisión sin profundizar demasiado en la madera.

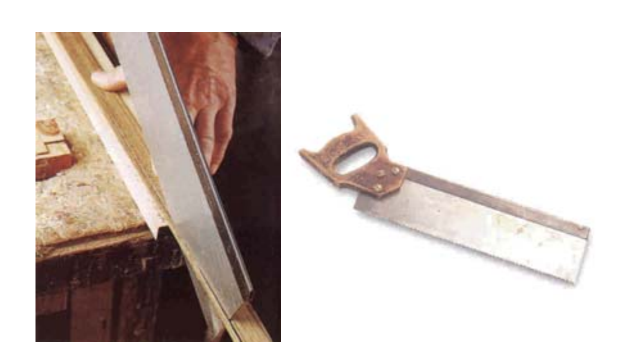


Figura 5 - 5 : Serrucho de costilla.

UNIDAD 5

HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS

- **Serrucho de punta:** consta de una hoja estrecha inserta en un mango abierto, permite hacer cortes en redondo o calados que no tengan las curvas muy cerradas.



Figura 5 - 6 : Serrucho de punta.

- **Serrucho de empuñadura intercambiable:** son un set de serruchos y un mango que puede ser utilizado con las tres hojas desmontables: un serrucho común, de costilla o de punta. Cada una de las hojas desmontables tiene una ranura en la que se inserta el mango, usando para fijar la hoja una palanca que acciona un tornillo de presión.



Figura 5 - 7 : Dientes de un serrucho.

- **Cortachapa:** está compuesto por una hoja de hierro acerado rectangular con dos de sus cantos ligeramente curvados y dentados, extremadamente finos, que se fija mediante tornillos a un soporte con mango de madera. Se usa para cortar terciados delgados, permitiendo cortes sin astillas.



Figura 5 - 8 : Cortachapa.

b) De corte con filo vaciador

Su función es cepillar, rebajar y moldear las piezas una vez realizado el corte por las sierras o serruchos. Se distinguen dos grupos: de corte guiado y las de corte libre.

- **Corte guiado:** se usa hoja de acero templado con filo en bisel ligeramente cóncavo. Su diseño considera una cubierta o contrahoja, y con ella evita que se levanten astillas en la madera al afinar o pulir. Estas herramientas se pueden agrupar, a su vez, en dos subgrupos: cepillos y desbastadores.

    - **Cepillos:** pueden ser de madera o metálicos, dentro de los cuales está la garlopa para cepillar tablas largas. El garlopín, usado para desbastar. El cepillo, para desbastar, pulir y afinar. El cepillo curvado de base convexa, utilizado para cepillar interiores curvos. El cepillo de dientes, en tanto, sirve para generar asperezas en las superficies que han de encolarse (facilita el agarre).



Figura 5 - 9 : Garlopa.

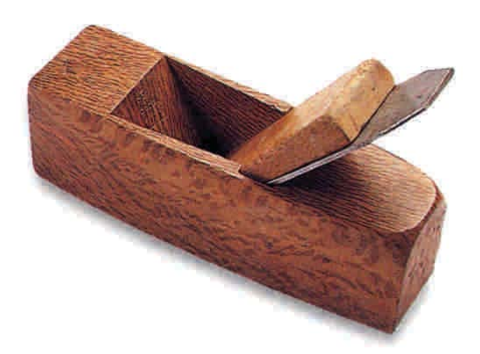


Figura 5 - !0 : *Garlopín.*



Figura 5 - 11 : *Cepillo curvado.*

- **Desbastadores:** su diferencia con respecto a otros cepillos es tener una caja cuya base deja libre todo el ancho de la hoja, la cual es estrecha por arriba y no lleva contrahoja, de modo que el corte puede tener la forma de la moldura perfilada en el filo de la hoja.

  Entre los desbastadores más importantes se encuentra el guillame, usado para rebajar la madera en forma escalonada. Este rebajador es de mayor tamaño que el anterior y de desbaste graduable. Existe también el bocel, que sirve para realizar desbastes de media caña, el acanalador y el machihembrador, utilizados para hacer canales, ranuras y guías en la madera. Estas herramientas se usan luego del cepillado de la madera.



Figura 5 - 12 : *Guillame.*



Figura 5 - 13 : *Rebajador.*



Figura 5 - 14 : *Acanalador.*



Figura 5 - 15 : *Machihembrador.*

- **Corte libre:** posee una hoja de acero templado con filo en un extremo, que se va adelgazando longitudinalmente hasta terminar en punta, en la que se inserta un mango de madera. Entre ellas se encuentran:

    - **Formón:** hoja de acero de 3 a 4 mm. de espesor con los bordes biselados, lo que permite una mayor penetración en esquinas. Se usa para cortar la madera en cualquier dirección, hacer rebajes, ajustes, encajar bisagras, y cerraduras, entre otras acciones.



Figura 5 - 16 : Distintos tipos de formones.

    - **Escoplo:** parecido al formón, se diferencia en tener una hoja más angosta y robusta. Se usa para cortes profundos, mortajas y escopleaduras para ensamblar.

    El escoplo, al igual que el formón, se afila en un ángulo de 35°, lo que permite tener cantos fuertes para trabajos duros.



Figura 5 - 17 : Escoplo.

    - **Gubia:** se caracteriza por tener una hoja curvada y vacía, permitiendo realizar cortes en aro o círculo.



Figura 5 - 18: Distintos tipos de gubias.

5.2.1.1.2. Herramientas de perfilar y pulir

La madera requiere de un desbaste y pulido final previo al barnizado o pintado. Para dicha tarea se requiere de las herramientas que a continuación se detallan:

- **Escofina:** se caracteriza por tener una hoja plana por una cara y curvada por la otra, con dientes gruesos y triangulares, completamente distanciados unos de otros y más gruesos que los de la lima. Se utiliza para desbastar, en especial para perfilar curvas y rectas, donde no se puede acceder con el cepillo.



Figura 5 - 19 : Lima.

- **Lima:** puede tener una fila de dientes alargados en todo el ancho de la hoja, paralelos entre sí, dispuestos en un ángulo de 75° respecto al eje de la herramienta o bien dos filas de dientes que se cruzan en diferentes ángulos. Su finalidad es acabar de perfilar y quitar las asperezas dejadas por la escofina.



Figura 5 - 20 : *Lima.*

- **Limatón:** es un tipo de lima cilíndrica que va estrechándose hacia la punta. Existen dos tipos de limatón, uno con dientes de escofina y otro con rayado de lima.

- **Cuchilla:** consiste en una hoja de acero templado, semi-duro, con dimensiones aproximadas de 12 cm de largo, 6 a 7 cm de ancho y 1 mm de espesor. Con esta herramienta se puede conseguir un afinado propio de las últimas fases del acabado de una pieza.



Figura 5 - 21 : *Cuchilla.*

- **Lija:** es una hoja de papel fuerte, que en una de sus caras tiene adherido polvo de vidrio, arena o esmeril fijado con cola. Existen varios grados de aspereza que se diferencian por números, siendo el 00 la que tiene el grano más grueso, hasta llegar a 120, que es el grano más fino. Para su uso se envuelve un taco de madera con medidas cómodas para la mano y sus caras planas.



Figura 5 - 22 : *Variados tipos de lijas.*

5.2.1.1.3. Herramientas de perforación

Existe una serie de herramientas que permiten taladrar y perforar la madera, produciendo el mínimo daño a la masa leñosa que circunda el agujero. Si se utilizara el método de generar la perforación mediante clavado de algún elemento con punta, se podría rajar o astillar la pieza, ya que en el lugar donde se realiza la perforación, la madera se expande en vez de eliminarse.

- **Punzón:** está conformado por una barra de acero terminada en punta y un mango que generalmente es de madera. Sirve para realizar perforaciones de pequeño diámetro y profundidad. En comparación con las perforaciones que puede realizar una broca, el uso del punzón se considera tosco y de mala terminación.

- **Barreno:** es una especie de tornillo terminado en punta que sirve como guía, al que le sigue una zona de corte con un gavilán que marca el diámetro, para evitar las astillas que se puedan producir por la hoja de corte. Luego tiene estrías helicoidales que facilitan la salida de la viruta que genera, terminando en forma cuadrada donde se coloca el mango.



Figura 5 - 23 : Punzón y barrenos.

- **Berbiquí:** se compone de una varilla de hierro en forma de U, que en la parte central y en el extremo lleva un mango; en el otro extremo tiene un dispositivo para colocar y fijar la broca, en el que se pueden adaptar varios tipos de brocas en forma rápida y fácil.

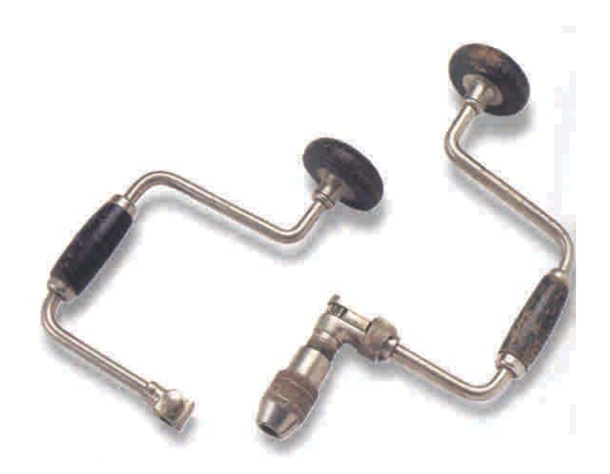


Figura 5 - 24 : Berbiquí.

- **Broca:** es una varilla de acero u otro material metálico resistente, que en uno de sus extremos tiene una punta que hace de guía, seguida de estrías helicoidales u hoja de corte y el otro extremo está acondicionado para ser fijado al taladro. Existen distintos tipos de brocas, tanto en largo, diámetro, como en la forma de la punta, dependiendo cómo se esté enfrentando la fibra de la madera. Si se va a taladrar a favor de la fibra, se utiliza la broca suiza. Cuando se va a taladrar perpendicular a la fibra, se usa la broca de boca o helicoidal o llamada cola de chancho.



Figura 5 - 25 : Distintos tipos de brocas.

- **Taladro:** es un aparato cuyo extremo inferior lleva un dispositivo para fijar la broca y en el centro tiene un mecanismo de funcionamiento basado en una rueda dentada, sincronizada a dos piñones y sujetas al eje, provista de una manivela con pomo giratorio. Otro pomo fijo al centro del eje, permite sujetar el aparato mientras se trabaja. Se puede taladrar más rápidamente que con el berbiquí, pero se pierde fuerza en la penetración, lo que limita el uso de brocas de gran diámetro.

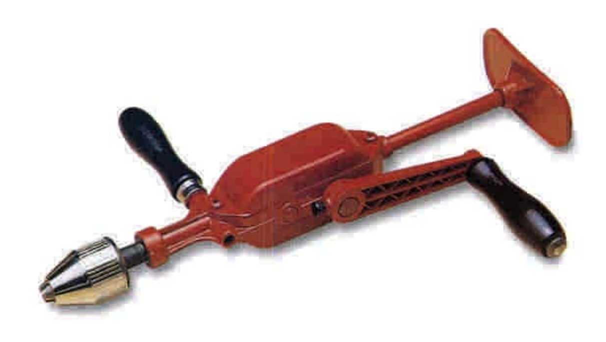


Figura 5 - 26 : Taladro.

- **Atornillador:** está conformado por una varilla cilíndrica de hierro inserta en un mango estriado. El extremo libre de la varilla de acero tiene punta correspondiente al tipo de cabeza del tornillo, que puede ser paleta o simple y cruz, entre otros.



Figura 5 - 27 : Atornilladores.

5.2.1.1.4. Herramientas de percusión y extracción

La percusión, acción por la cual se introduce un elemento en otro mediante golpes, está íntimamente ligada a la extracción, como se puede constatar en el diseño del martillo carpintero. También existen herramientas más específicas que sólo realizan una acción en particular.

- **Martillo:** se compone de una cabeza de material metálico (generalmente de acero) y mango de madera dura u otro material liviano y resistente. La cabeza tiene una perforación en la parte central, donde se encaja y fija el mango. Su forma responde a la acción que realiza de clavar, golpear y en algunos casos extraer clavos.

- **Mazo:** tiene una cabeza y un mango al igual que el martillo, pero se diferencia en el uso y material de que está fabricado. El mazo tiene cabeza de madera, plástico duro o metal relativamente blando, como el cobre, siendo ideal para armado de ensambles, golpear sobre mangos de herramientas, u otros trabajos donde se deba percutir sin dejar marcas en la madera.



Figura 5 - 28 : Ejemplos de mazo y martillos que se pueden encontrar.

- **Engrapadora:** generalmente es de carcasa metálica liviana, la que contiene un sistema mecánico accionado por un gatillo que dispara grampas. Tiene un recinto interior, a veces adaptable a más de un tipo de grampa, donde se colocan y se disparan al ser accionado el mecanismo. Se utiliza principalmente para fijación de polietileno y fieltro.

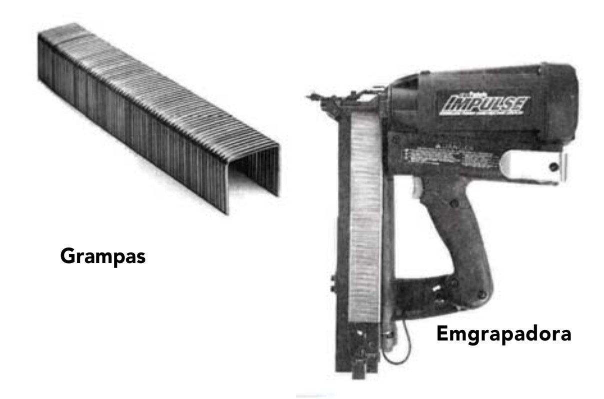


Figura 5 - 29 : Engrapadora neumática.

- **Tenazas:** consta de dos brazos móviles de acero trabados por un eje remachado. Existen distintos tipos de tenazas según el uso que se les quiera dar. Es así como la tenaza de cabeza redonda se usa en la extracción de clavos, cortar alambre y sujetar pequeñas piezas en el momento en que se vayan a manipular. Universal es la tenaza de cabeza rectangular, cuya superficie de sujeción es de forma irregular, teniendo una parte para cortar alambres, otra para sujetar secciones circulares y una superficie texturada, en el extremo de las caras interiores para facilitar la extracción y funcionar como pinza.



Figura 5 - 30 : Distintos tipos de tenazas.

- **Pata de cabra o diablito:** es una barra de hierro acerado que en un extremo tiene forma de palanca y en el otro la misma forma que el martillo común y de uña partida, siendo útil para sujetar la cabeza de las puntas en el momento de la extracción.



Figura 5 - 31 : Diablito.

- **Botador:** es una varilla de acero afilada por el extremo, sin que llegue a estar aguzada. Se usa para embutir las cabezas de los clavos y puntas en la masa leñosa.



Figura 5 - 32 : Botador de puntas.

5.2.1.1.5. Herramientas de presión

Además de las uniones de piezas por medio de empalmes, juntas, acoplamientos y ensambles, existe la opción de utilizar colas y adhesivos, los que requerirán herramientas capaces de mantenerlas fijas y presionadas mientras endurecen o fragüen, salvo los pegamentos de impacto.

- **Sargento:** consta de una pieza guía larga y dos brazos perpendiculares, generalmente de acero, los que se deslizan sobre la guía. Los brazos tienen cerca de su extremo libre un husillo metido en el agujero roscado y dispuesto paralelamente a la pieza guía y provista de un mango. La punta del husillo aprieta las piezas puestas contra el otro brazo y de esa forma las une. Cuando el husillo no aprieta por ser demasiado corto, se corren los brazos sobre la guía para acercarlos. Al apretar el husillo, los brazos quedan fijos en sus respectivas guías. Se usan para sujetar una pieza al banco o dos piezas entre sí.

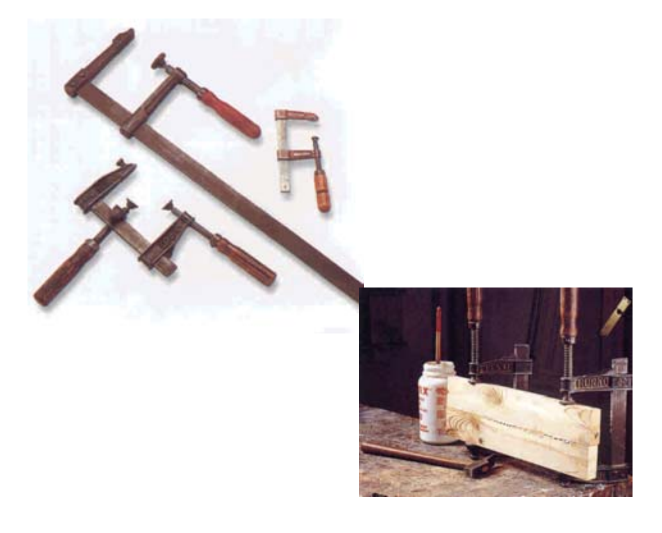


Figura 5 - 33 : Diferentes tamaños de sargentos. A la derecha, unión de dos piezas con ayuda del sargento.

5.2.1.2. Herramientas eléctricas

Realizan la misma función que las herramientas manuales, pero se obtienen resultados de mejor calidad, simplificando el trabajo y haciéndolo más eficiente.

Las herramientas eléctricas tienen en común ser relativamente livianas y portátiles, fabricadas en materiales ligeros como plástico duro o aluminio, tener motor monofásico con velocidad de rotación de sus ejes que va entre los 3.500 y los 20.000 r.p.m., acoplado directamente a las hojas de corte, carcasas de protección, guías y asas, para su manejo y gran maniobrabilidad.

De cada una de las herramientas existen distintos modelos y versatilidad de usos según los requerimientos del usuario. Es así como con un taladro podemos además de taladrar, atornillar y desatornillar con sólo mover un interruptor.



Figura 5 - 34 : Sierra circular eléctrica.



Figura 5 - 35 : Caladora eléctrica.



Figura 5 - 36: Cepillo eléctrico.



Figura 5 - 37 : Pulidora eléctrica.



Figura 5 - 38 : Taladro angular inalámbrico eléctrico.



Figura 5 - 39 : Atornillador eléctrico.

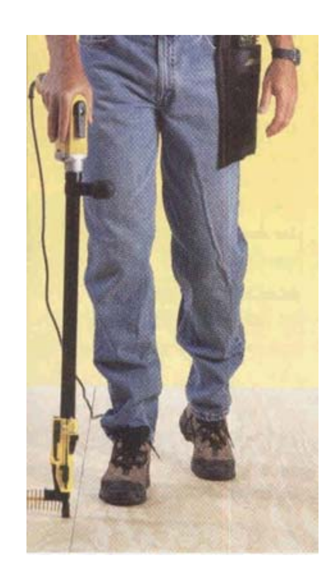


Figura 5 - 40 : Atornillador (con extensión).



Figura 5 - 41 : Taladro eléctrico.



Figura 5 - 42 : Fresadora eléctrica.

5.2.1.3. Herramientas neumáticas

Son complemento a las funciones que realizan las herramientas eléctricas y trabajan con aire comprimido, logrando gran fuerza y rapidez en la ejecución de tareas. Se debe tener presente que requieren compresor para su funcionamiento y que su alcance está limitado por el largo de la manguera para el aire comprimido con que cuenta.

- **Martillo neumático:** herramienta para clavos de distintos largos y espesores, los que vienen en tiras especiales. La fuerza del impacto la genera la presión de aire. Tiene la ventaja de realizar un trabajo rápido, seguro y sin marcar la madera, como sucede normalmente con el martillo común.



Figura 5 - 43 : Martillo neumático.

- **Engrapadora neumática:** al igual que la herramienta mecánica, sirve para colocar grampas de mayor tamaño en forma rápida y con mejor terminación.



Figura 5 - 44 : Engrapadora neumática.

5.2.2. Herramientas eléctricas de banco

Con respecto a estas herramientas, es necesario considerar el gran espacio que requieren por su tamaño y uso seguro para el operario. El recinto debe ser el necesario para labores de maquinismo, traslado y almacenamiento de la madera y su orden en función del proceso de elaboración. Son de costo bastante mayor a las herramientas manuales y permiten una producción a escala industrial.

- **Sierra de inglete:** herramienta que permite realizar cortes en ángulos en forma precisa, tanto en el ancho de la pieza como en el espesor.



Figura 5 - 45 : Sierra de inglete. Permite cortes en distintos ángulos en el ancho y en el espesor de la pieza.

- **Sierra de banco circular:** se compone de una base robusta, masa de hierro fundido, disco dentado con perforación en el centro, eje montado en posición horizontal sobre cojinetes. En uno de sus extremos, perpendicular al eje, lleva dos platos; uno fijo y otro móvil, que se fija mediante una rosca dentada al extremo del eje. El otro extremo va provisto de poleas para correas trapezoidales que lo unen al motor acoplado.

  En casos justificados, dependiendo del tipo de obra y cantidad de madera a dimensionar, se puede llevar a terreno.

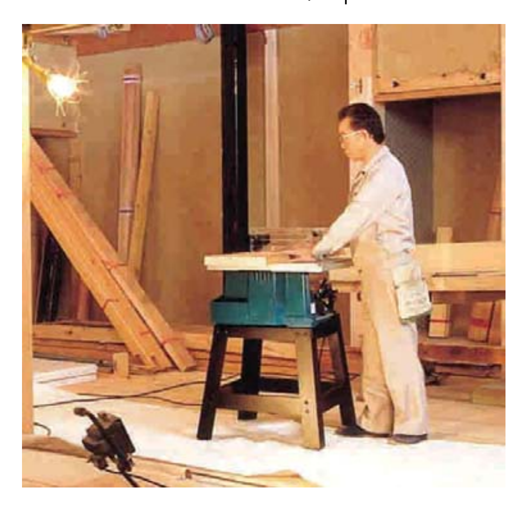


Figura 5 - 46 : Sierra circular para cortes rectos.

En sistemas industrializados, en los que la fabricación de elementos se hace en serie y a gran escala, la sierra circular se complementa con otras maquinarias tales como:

- **Sierra de cinta:** está compuesta por un brazo vertical, dos volantes, motor eléctrico acoplado, guía y base sobre la cual se asienta una mesa, todos de fierro fundido. La hoja dentada y triscada que realiza el corte es soldada en sus extremos de tal forma que resulta una cinta sin fin.



Figura 5 - 47 : Sierra de cinta.

- **Canteadora:** se compone de una base y dos mesas de fierro fundido, un cabezal de acero donde van alojados los cuchillos, motor, sistema de poleas que mediante correas trapezoidales se conecta al motor y una guía de apoyo para cepillar cantos. Su finalidad es cepillar la madera mediante hojas de filo vaciado.

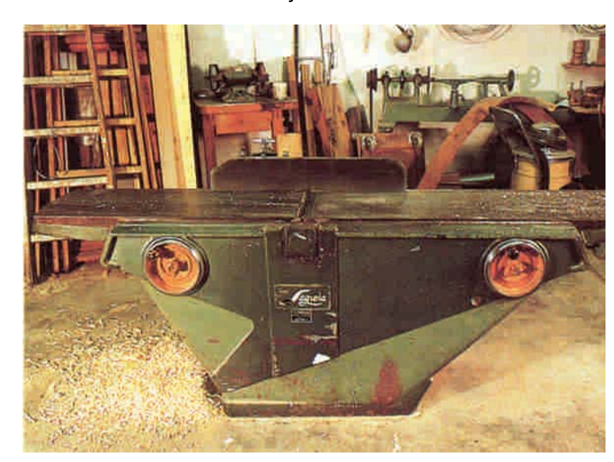


Figura 5 - 48 : Cepilladora.

- **Cepilladora de calibración:** compuesta por una caja de hiero fundido donde se aloja el mecanismo que permite, una vez cepillada la pieza por una cara y un canto, quedar calibrada en toda su longitud.



Figura 5 - 49 : Cepillo con calibradora de cuchillas.

5.3 INTRUMENTOS

5.3.1. Instrumentos mecánicos

- **Metro:** su función es medir distancias en forma continua, elementos cortos o de varios metros. Existen dos tipos de metros: el de varilla o carpintero y el de fleje enrollable.

  El metro carpintero es fabricado en madera seca, plástico o aluminio. Si es de madera, debe cuidarse de no exponerlo al sol ni la lluvia por las deformaciones que puede sufrir.

  El metro de fleje retráctil está fabricado tanto en metal de cinta rígida como en plástico de cinta flexible. En ambos casos viene graduado al milímetro.

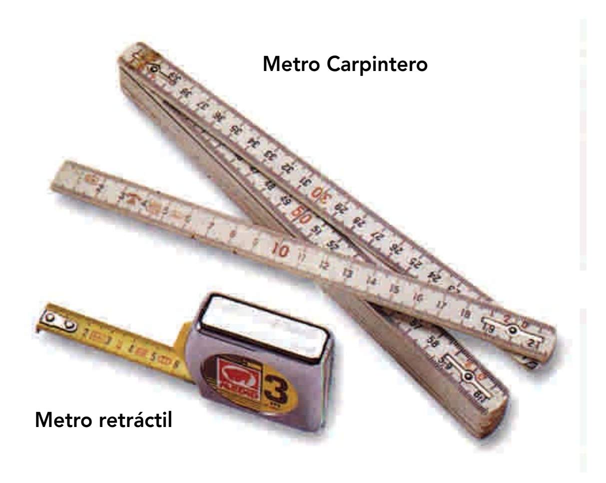


Figura 5 - 50 : Tipos de metro para medir distancias.

- **Pie de metro:** está constituido por una regla graduada, sobre la que se desliza otra regla graduada llamada nonio. Estas dos reglas tienen piezas a escuadra en ambos cantos, en uno de sus extremos. Entre las dos se pueden calibrar espesores con suma precisión. En el canto opuesto, otras dos piezas también a escuadra, permiten calibrar medidas interiores y por la parte baja, una varilla fina da la medida en profundidad. Todas las mediciones quedan recogidas en el nonio.



Figura 5 - 51 : Pie de metro.

- **Regla:** sirve para medir distancias pequeñas, su graduación es al milímetro. Es fabricada de diferentes aleaciones metálicas, siendo condición que no se deforme al momento de realizar la medición.

- **Escuadra:** su finalidad es permitir el trazado de líneas perpendiculares. Generalmente es metálica y graduada.



Figura 5 - 52 : Tipos de escuadras.

- **Caja de inglete:** su finalidad es guiar al serrucho en los cortes de 45° y 90°. Generalmente se fabrica de madera y lleva un corte que tiene el ángulo requerido, en el que se coloca la hoja del serrucho que se apoya sobre el elemento a cortar.



Figura 5 - 53: *Caja de inglete.*

- **Lápices:** cumplen la función de realizar marcas claras y precisas sobre la madera, pudiendo determinar los lugares de corte o ensamble. Existe uno especial para carpintería llamado lápiz carpintero, de sección ovalada, más grueso que los usados en dibujo y de una dureza intermedia. En algunos casos se utiliza el punzón como elemento de marca reemplazando al lápiz.



Figura 5 - 54 : *Diferentes lápices.*

- **Gramil:** se utiliza cuando es necesario trazar líneas paralelas sobre la madera. Se compone de una pieza rectangular de aproximadamente 20 cm de largo, 8 cm de ancho y 2 cm de espesor, más listones de 25 cm de largo por 2 cm de espesor y una cuña de más o menos 12 cm de largo, 3 cm en la parte ancha y 1,5 cm en la parte angosta. Son fabricados en madera.



Figura 5 - 55 : *Gramil.*

- **Compás:** su función es ayudar en el trazado de curvas, circunferencias o arcos. En uno de los extremos tiene habilitado un sistema que permite incorporar lápiz para realizar las marcas requeridas. Existen de varios tamaños, hechos en madera y metal, pudiendo tener la opción de ser graduados.

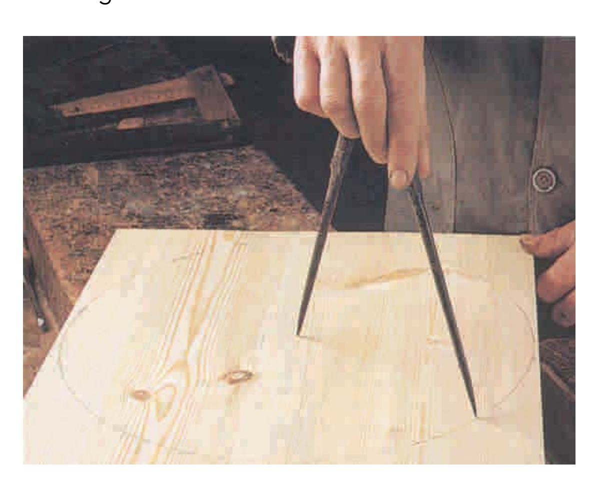


Figura 5 - 56 : *Compás.*

- **Nivel de mano:** sirve para controlar la horizontalidad o verticalidad de un elemento lineal, como por ejemplo, la verticalidad de un pilar o pie derecho, la horizontalidad de una solera, dintel, etc.. Si se requiere controlar la horizontalidad de una superficie, se apoya sobre ésta en dos direcciones, determinando su posición.

  Está provisto de nivela tubular con una burbuja de aire en su interior que se desplaza según la posición. Existen de varios largos, siendo de mayor precisión los más extensos. Los de 1,20 m son de mayor sensibilidad. En construcción de viviendas de madera son de gran utilidad, para la materialización y control de cada elemento y superficie que conforma la estructura.





Figura 5 - 57 : Diferentes tipos de nivel de mano.

- **Plomada mecánica:** trabaja simplemente por gravedad y define una línea vertical cuando cuelga inmóvil de algún punto. Consta de una masa de plomo o material pesado, el cual termina en punta y cuelga de una lienza de largo variable.



Figura 5 - 58 : Plomada mecánica.

- **Tizador:** permite trazar una línea recta entre dos puntos, marcando con tiza el trayecto. Consta de un recipiente cerrado, el cual tiene tiza de color y en el que se encuentra enrollada una lienza, la cual se impregna del color de la tiza. Se extiende entre los puntos que interesa, se tensa y al extenderla hacia arriba suavemente y soltarla, marca la superficie con una línea recta.

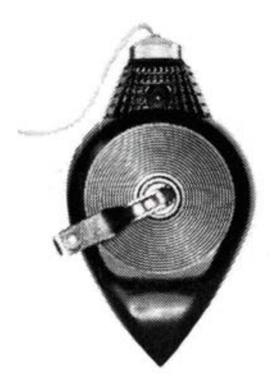


Figura 5 - 59 : Tizador.

5.3.2. Instrumentos electrónicos

- **Higrómetro:** medidor del contenido de humedad de la madera. Existen distintos tipos y en algunos casos sirven para medir la humedad de otros materiales.





Figura 5 - 60 : Higrómetros.

- **Medidor de distancia electrónico:** es un dispositivo electrónico que utiliza las ondas para determinar distancias.





Figura 5 - 61: Distanciómetros.

5.3.3. Instrumentos de precisión

- **Nivel topográfico:** instrumento óptico que permite determinar geométricamente la diferencia de nivel entre dos o más puntos en el terreno, con precisión de ± 1 milímetro, dependiendo de diferentes factores (aumento del anteojo, distancias entre instrumento y regla de medición o mira, entre otros).



Figura 5 - 62 : Nivel Topográfico.

- **Taquímetro:** instrumento topográfico que permite efectuar alineaciones, mediciones angulares (horizontales y verticales), determinar trigonométricamente distancias y diferencias de altura entre dos o más puntos del terreno.



Figura 5 - 63 : Taquímetro.

BIBLIOGRAFIA

- American Plywood Association, "Wood Reference Handbook", Canadian Wood Council, Canadá, 1986.
- Branz, "House Building Guide", Nueva Zelanda, 1998.
- Burrows, D; "Técnicas Básicas de Carpintería", Editorial Albatros S.A.C.I, Buenos Aires, Argentina, 2001.
- Gilbert, V; Lazcano, R; Martin, F; Vall-llosera, E, "Trabajos en Madera", 1° Edición, Ediciones Parramón S.A, España, 1997.
- Guzmán, E; "Curso Elemental de Edificación", 2° Edición, Publicación de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, Santiago, Chile, 1990.
- Heene, A; Schmitt, H, "Tratado de Construcción", 7° Edición Ampliada, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.
- Lewis, G; Vogt, F, "Carpentry", 3° Edición, Delmar Thomson Learning, Inc., Nueva York, EE.UU., 2001.
- Reader´s Digest, "New Complete do-it yourself Manual", Canadá, 1991.
- Spence, W; "Residencial Framing", Sterling Publishing Company, Inc., Nueva York, EE.UU., 1993.
- Stungo, N; "Arquitectura en Madera", Editorial Naturart S.A Blume, Barcelona, España, 1999.
- Thallon, R, "Graphic Guide to Frame Construction Details for Builder and Designers", The Taunton Press, Canadá, 1991.
- www.inn.cl (Instituto Nacional de Normalización).

Capítulo II


CORPORACION CHILENA DE LA MADERA
CORMA
CHILE PAIS FORESTAL

Unidad 6

SISTEMAS ESTRUCTURALES





Unidad 6

UNIDAD 6

SISTEMAS ESTRUCTURALES



6.1 GENERALIDADES

La estructura de una vivienda está conformada por la fundación, los entramados horizontales (plataforma primer piso, entrepiso en el caso de una vivienda de dos pisos y cielo), entramados verticales (tabiques soportantes y autosoportantes), y estructura de techumbre.

6.2 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS ESTRUCTURALES

Los sistemas estructurales desarrollados para viviendas de madera se dividen en dos grandes grupos según el largo de los elementos estructurales y las distancias o luces entre los apoyos:

- **Estructuras de luces menores**
- **Estructuras de luces mayores**

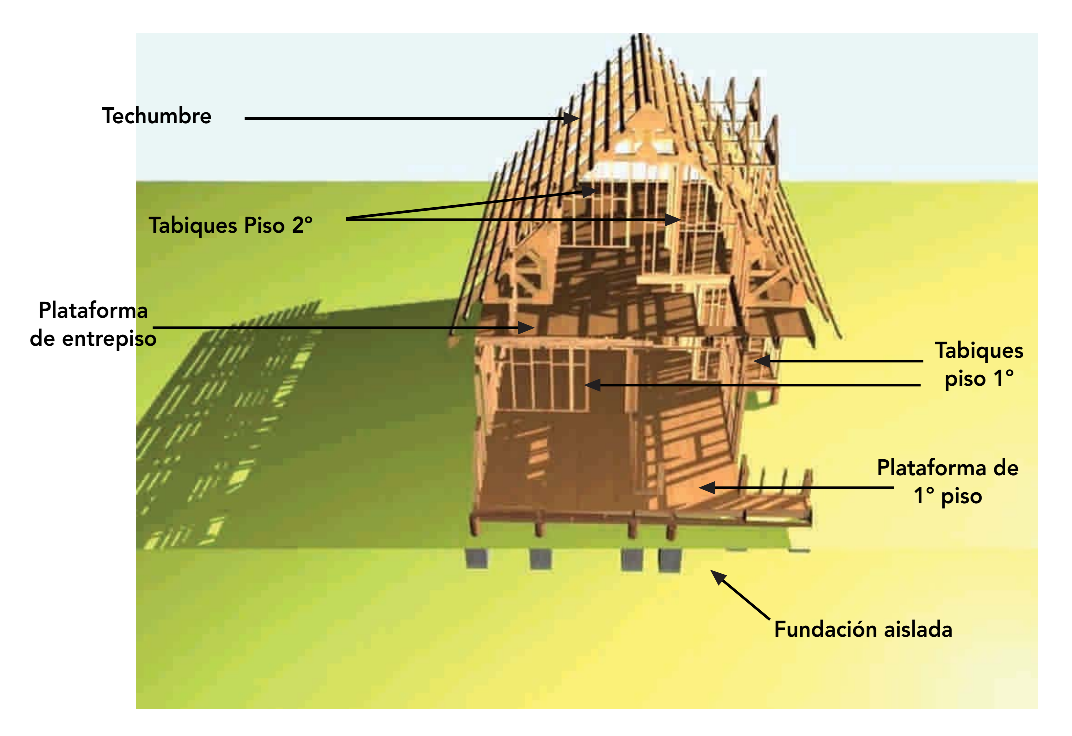


Figura 6 - 1 : Corte de la vivienda específicando sus componentes estructurales principales.

En el proceso de montaje se consideran los revestimientos necesarios para lograr la rigidez adecuada, además de considerar, a medida del avance de la obra, los arriostramientos provisorios que permiten eliminar riesgos que deriven en posibles accidentes o daños estructurales.

En la Figura 6-1 se muestra en detalle la solución estructural del sistema de plataforma, que es el método más extendido y ventajoso para la construcción de una edificación de una vivienda de dos pisos.

6.2.1 Estructuras de luces menores

Se subdividen en:

- **Estructuras macizas**
- **Estructuras de placa**
- **Estructuras de entramados**

6.2.1.1 Estructuras macizas:

Sistema constructivo que por su aspecto de arquitectura, solución estructural y constructiva, es particularmente diferente. Su presentación es de una connotación de pesadez y gran rigidez por la forma en que se disponen los elementos que lo constituyen, en este caso rollizo o basa.

Estructuralmente no corresponde a una solución eficaz, ya que por la disposición de las piezas, éstas son solicitadas perpendicularmente a la fibra, o sea en la dirección en la cual la resistencia es menor.

Sin embargo, el disponer de esta forma el material facilita el montaje de los diferentes elementos que conforman la estructura de la vivienda.

Otra ventaja que ofrece es la buena aislación térmica, garantizada por la masa de la madera, pero presenta problemas en la variabilidad dimensional por efecto de los cambios climáticos, los que afectan en gran medida los rasgos de ventanas y puertas, como también las instalaciones sanitarias.

Hoy el avance de la industria ha permitido mejorar el sistema de construcción maciza, introduciendo nuevos diseños, aprovechando los aspectos de aislación, facilitando y mejorando los aspectos estructurales y los de montaje de la construcción.

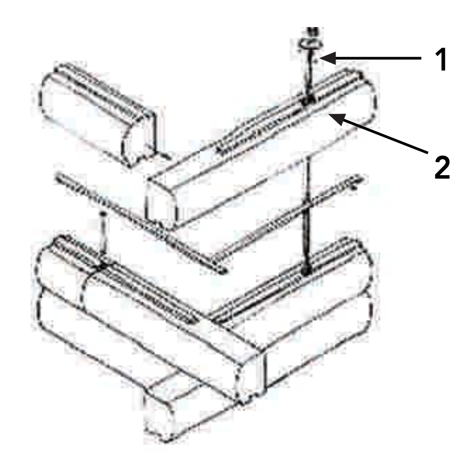


Figura 6-2: B. Cada tronco se va colocando uno sobre otro, amarrados en su interior con fierros verticales de diámetro de 8 mm (1) y sellando longitudinalmente el encuentro entre estos con espuma de poliuretano (2), como protección a la infiltración de aire y lluvia del exterior y salida de calor del interior.

6.2.1.2 Estructuras de placas:

La necesidad de reducir los plazos en la construcción y de mejorar y garantizar la calidad de terminación del producto, ha conducido a que gran parte de los elementos que conforman la estructura de la vivienda sean fabricados y armados en industrias especializadas o en talleres de las propias empresas constructoras y cuya aplicación se ha ido acentuando en la medida que aumenta la mecanización de los procesos constructivos.



Figura 6-2: A. Vivienda construida con troncos macizos, de diámetro promedio de 30 a 35 cm.



Figura 6 - 3: Industria especializada que muestra la estación en la que se arman los tabiques y se realizan las uniones de los elementos.



UNIDAD 6
SISTEMAS ESTRUCTURALES

Este sistema básicamente consiste en la fabricación de paneles que están conformados por bastidores de perfil de madera, provistos de revestimiento que le imprimen la rigidez y arriostramiento al conjunto.



Figura 6 - 4: Instalación de una puerta a un tabique autosoportante.

A cada panel que corresponde se le incorpora la instalación eléctrica, sanitaria, aislación térmica, barreras de vapor y humedad, puertas y ventanas, para luego ejecutar en obra los anclajes a la fundación, uniones de encuentros y colocación de revestimientos.



Figura 6 - 5: Estructuras preparadas (tabiques, frontones) para ser trasladadas al lugar donde se está construyendo.

La gran fortaleza que ofrece este sistema constructivo es el fácil desarme de los elementos estructurales que conforman la vivienda, por lo que las soluciones de las uniones como pernos, piezas de madera, clavos y perfiles de acero deben ser de fácil acceso y simple mecanismo.

El armado de estos paneles está regido por la estructuración de construcciones de diafragmas, donde los paneles se disponen de forma que se arriostren y se obtenga la rigidez necesaria para la estructura.

6.2.1.3 Estructuras de entramados:
Son aquellos cuyos elementos estructurales básicos se conforman por vigas, pilares o columnas, postes y pie derecho.

Según la manera de transmitir las cargas al suelo de fundación podemos distinguir los sistemas:

a) **De poste y viga**, aquellos en que las cargas son transmitidas por las vigas que trasladan a los postes y estos a las fundaciones.

b) **De paneles soportantes**, aquellos en que las cargas de la techumbre y entrepisos son transmitidas a la fundación a través de los paneles.

6.2.1.3.1 Sistema poste- viga
Utilizado principalmente cuando se deben salvar luces mayores a las normales en una vivienda de dos pisos, pudiendo dejar plantas libres de grandes áreas. Utiliza pilares o postes, los cuales están empotrados en su base y se encargan de recibir los esfuerzos de la estructura de la vivienda a través de las vigas maestras ancladas a estos, sobre las cuales descansan las viguetas que conformarán la plataforma del primer piso o del entrepiso.

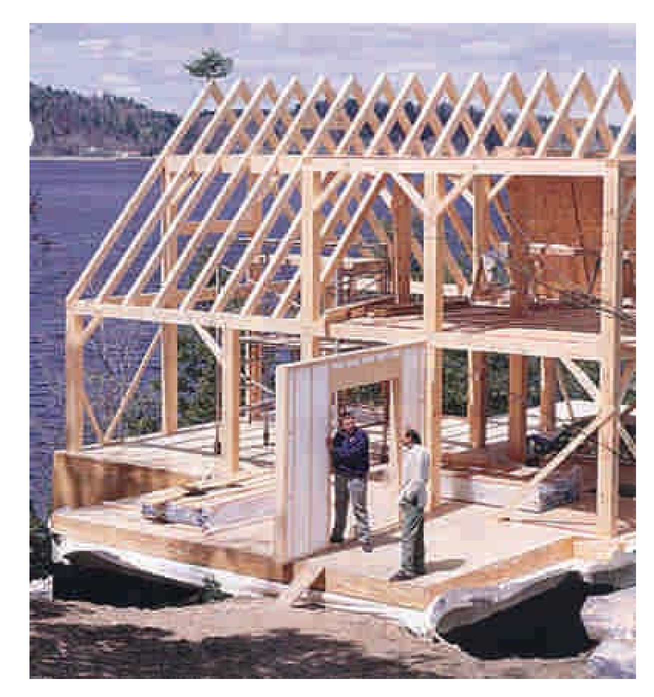


Figura 6 - 6: Se puede observar el conjunto de vigas horizontales e inclinadas y cómo transmiten los esfuerzos a los pilares o columnas.

Las diferentes piezas de madera van entrelazadas entre sí, lo que hace necesario un ensamble en los más diversos ángulos. En muchos casos la resolución adecuada de las uniones es la que caracteriza la calidad de la construcción, que en general se resuelve empleando herrajes metálicos o conectores especiales, los que entregan solidez y seguridad a la unión.

En general, en la mayoría de las uniones estructurales, según sea la relación de esfuerzos entre las piezas, deberá elegirse el sistema más adecuado, cuidando que las dimensiones de los elementos de transmisión generalmente metálicos, estén en relación con la sección de los elementos de madera.



Figura 6 - 7: Conjunto de elementos estructurales, vigas y pilares a la vista en el interior.

6.2.1.3.2 Sistema de paneles soportantes

En el sistema de paneles soportantes se destacan:

- **Sistema continuo**
- **Sistema plataforma**

6.2.1.3.2.1 Sistema Continuo

Los pie derecho que conforman los tabiques estructurales perimetrales e interiores son continuos, es decir, tienen la altura de los dos pisos (comienzan sobre la fundación y terminan en la solera de amarre superior que servirá de apoyo para la estructura de techumbre).



Figura 6 - 8: El entramado vertical conformado por pie derecho continuos. Las piezas tienen la altura de los dos pisos.

Este sistema constructivo considera fijar la estructura de plataforma del primer piso y de entrepiso directamente a los pie derecho de los tabiques estructurales.

Las vigas del primer piso se fijan al pie derecho por el costado de éste y se apoyan sobre la solera inferior del piso. Las vigas del entrepiso también se fijan a los pie derecho por el costado y se apoyan sobre una viga, la cual está encastrada y clavada a los pie derecho. Esta disposición permite conformar un marco cuyas uniones tienen cierto grado de empotramiento.

La secuencia constructiva tiene la virtud de colocar la estructura de la techumbre y su cubierta después de colocados los pie derecho, lo que genera un recinto protegido para trabajar en casi todas las etapas del proceso constructivo y terminaciones.

En la práctica este sistema no permite ser prefabricado, además, los largos que requieren los pie derecho no están estandarizados, por lo que es un sistema que ha sido desechado en los últimos años.

6.2.1.3.2.2 Sistema de plataforma
Es el método más utilizado en la construcción de viviendas con estructura en madera.

Su principal ventaja es que cada piso (primero y segundo nivel) permite la construcción independiente de los tabiques soportantes y autosoportantes, a la vez de proveer de una plataforma o superficie de trabajo sobre la cual se pueden armar y levantar.



Figura 6 - 9: Construida la plataforma de piso, se inicia la construcción de los tabiques soportantes y autosoportantes.

Paralelamente a la materialización de dicha plataforma de primer piso de hormigón o madera, se pueden prefabricar externamente los tabiques para ser erguidos a mano o mediante sistemas auxiliares mecánicos simples.



Figura 6 - 10: Una vez fabricados los tabiques sobre la plataforma, se procede a izarlos y ubicarlos en el lugar correspondiente.

La plataforma de madera se caracteriza por estar conformada por elementos horizontales independientes de los tabiques, apoyados sobre la solera de amarre de ellos, la que además servirá como una barrera cortafuego a nivel de piso y cielo para la plataforma.

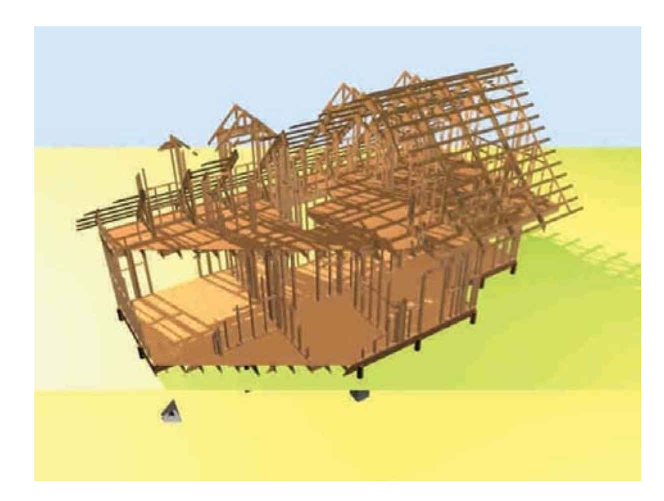


Figura 6 - 11: Entramados horizontales independientes, en este caso de piso y entre piso, donde se montan los diferentes tabiques soportantes (muros) y autosoportantes.



Figura 6 - 12: Elementos horizontales (vigas) apoyados sobre las soleras de amarre de los tabiques del primer piso. Arriostrando el entramado horizontal (plataforma de entrepiso) con tableros contrachapado estructural.

El entramado horizontal de la plataforma está dispuesto de tal manera que coincide, en general, con la modulación de los pie derecho de los tabiques, conformando una estructura interrelacionada. Por otra parte, requiere de un elemento estructural que funcione como una placa arriostrante, en reemplazo del tradicional entablado, conocido como "Sistema Americano". En la actualidad, se cuenta con dos tipos de placas arriostrantes: el contrachapado estructural y la placa de OSB (Oriented Strand Board), los que ayudarán en la resistencia de la plataforma y sobre los cuales se fijarán las soleras de los tabiques del piso superior, además de recibir la solución de pavimento que indique el proyecto.

BIBLIOGRAFIA

- Bascuñan, R; Ghio, V; De Solminihac, H; Serpell, A, "Guía para la Innovación Tecnológica en la Construcción", 2° Edición, Editorial Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile, 1998.
- Canada Mortgage and Housing Corporation, CMHC, "Manual de Construcción de Viviendas con Armadura de Madera – Canadá", Publicado por CMHC, Canadá, 1998.
- Echeñique, R; Robles, F, "Estructuras de Madera", Editorial Limusa, Grupo Noriega editores, México, 1991.
- Heene, A; Schmitt, H, "Tratado de Construcción", 7° Edición Ampliada, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.
- Hempel, R; "Sistemas Constructivos en Madera" Cuaderno N°1, Universidad del Bío-Bío, Editorial Aníbal Pinto S.A, Concepción, Chile, 1987.
- Hempel, R; Poblete, C, "Sistemas Estructurales en Madera" Cuaderno N°7, Universidad del Bío-Bío, Editorial Aníbal Pinto S.A, Concepción, Chile.
- Hanono, M; "Construcción en Madera", CIMA Producciones Gráficas y Editoriales, Río Negro, Argentina, 2001.
- Millar, J; "Casas de Madera", 1° Edición, Editorial Blume, Barcelona, España, 1998.
- Mac Donnell, H; Mac Donnell, H.P, "Manual de Construcción Industrializada", Revista Vivienda SRL, Buenos Aires, Argentina, 1999.
- www.inn.cl (Instituto Nacional de Normalización).
- NCh 173 Of.74 Madera – Terminología General.


CORPORACION CHILENA DE LA MADERA
CORMA
CHILE PAIS FORESTAL

Unidad 7

UNIONES EN LA MADERA



Centro de Transferencia Tecnológica

Unidad 7

UNIDAD 7

UNIONES EN LA MADERA



7.1 INTRODUCCIÓN

Las viviendas con estructura en madera se materializan uniendo dos o más elementos independientes que convergen en un punto, conformando la estructura soportante:



- **punto de apoyo de vigas**



Figura 7-1 : Necesidad de unir dos vigas en un apoyo.

- **encuentro entre vigas y otros elementos**



Figura 7-2 : Unión de vigas solucionado mediante colgadores metálicos.

- **encuentro entre pie derecho y soleras**

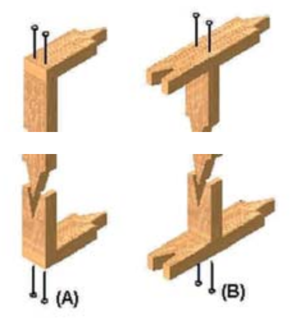


Figura 7-3 : Unión de piezas mediante clavos, en tabiques, (A) pie derecho inicial (B) pie derecho intermedio.

- **encuentro entre estructuras modulares**



Figura 7-4 : Necesidad de unir un tabique interior con uno perimetral, se combinan clavos en la solera de amarre y pernos en la unión de los pie derecho.

- **arriostramientos**

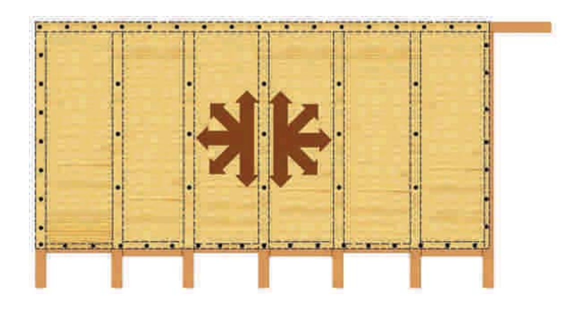


Figura 7-5 : Unión de placa terciada fenólica como elemento arriostrante con clavos o tornillos al entramado horizontal.

Estas intersecciones de elementos estructurales dan origen a nudos o uniones (sectores más vulnerables de las construcciones de madera), los cuales deben ser resueltos en el diseño considerando aspectos estructurales (resistencia y transmisión de las cargas), arquitectónicos (si quedará a la vista o no el nudo) y constructivos (procedimientos y consideraciones para la materialización de la unión).

Estructuralmente estos nudos deben ser capaces de transmitir los esfuerzos de un elemento a otro, sin comprometer la rigidez y geometría del sistema estructural, donde los esfuerzos de compresión se transmiten por simple apoyo y los de tracción, que requieren de un mayor análisis para dar continuidad a la estructura, se resuelven mediante fijaciones que traspasarán los esfuerzos de un elemento a otro.

Mediante estas fijaciones en los nudos o intersecciones de elementos estructurales se podrá dar solución a la necesidad de mantener los esfuerzos en el sentido axial, prolongar los largos de las piezas comerciales y que elementos independientes puedan ensamblarse para conformar una estructura que resista las solicitaciones y transmita los esfuerzos, sin que se generen puntos de debilidad, impidiendo el deslizamiento de una pieza con respecto a otra (fijar los elementos, asegurando un cuerpo con el otro) y permitiendo que el conjunto de elementos conforme una estructura monolítica (el resultado de fijar los elementos es su unión).

En general, todas las piezas estructurales y ensambles deben ser capaces de soportar con adecuada estabilidad y rigidez, la totalidad de las cargas y otras solicitaciones que pueden ser razonablemente esperadas durante su montaje, construcción y uso, sin exceder las tensiones de diseño y deformaciones admisibles que se establecen por la norma Nch1198 Of. 91.

Para asegurar un diseño resistente y estable será necesario:

- considerar la geometría de la estructura.
- estudiar y comprobar toda interacción y unión que se requiera entre los elementos estructurales de madera y entre ellos y otras partes de la estructura.
- proporcionar elementos de arriostramiento o diafragmas adecuados en los planos paralelos a la dirección de las fuerzas laterales que actúan sobre la estructura.

Las soluciones para los nudos pueden ser a través de:

- **uniones mecánicas:** son las más ampliamente usadas en la construcción con estructura de madera.

- **uniones de contacto**: utilizadas para la fijación de piezas comprimidas exclusivamente.

- **uniones encoladas:** no se recomiendan para la práctica habitual, ya que el concepto se aplica más bien para la fabricación de madera laminada encolada.

Para los sistemas constructivos de viviendas, la solución más eficiente está dada por las uniones mecánicas, particularmente con clavos (solicitados a extracción lateral), ya que permiten materializar uniones semi-rígidas, dúctiles, de alta capacidad resistente, con exigencias mínimas de equipos y mano de obra calificada.

7.2 FIJACIONES MECÁNICAS

Son elementos metálicos, generalmente cilíndricos y de acero que se hincan, insertan o atornillan en las piezas de madera que constituyen la unión. El mecanismo de traspaso de fuerzas se materializa por medio de un trabajo en flexión, aplastamiento o cizalle del medio de unión y del aplastamiento, cizalle y hendimiento de la madera.

Las fijaciones deben ser sencillas, obtenerse con la mínima pérdida de material, dar una seguridad suficiente para su uso y ser de rápida ejecución.

Las fijaciones más utilizadas que cumplen con los requisitos antes mencionados y que permitirán obtener una estructura segura son: clavos, tornillos, tirafondos, pasadores, pernos, placas dentadas y conectores.

La característica de estas uniones mecánicas es que al quedar sometidas a fuerzas de cizalle, admiten corrimientos relativos entre las piezas conectadas y cuyas magnitudes dependen de la fuerza solicitante, la rigidez y la disposición de los sujesores.

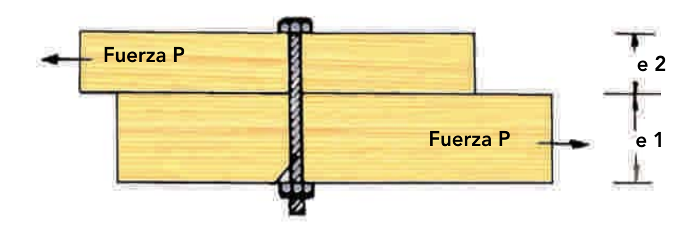


Figura 7- 6 : Unión con perno sometida a cizalle.

Los corrimientos relativos son consecuencia de las deformaciones por aplastamiento que sufre la madera en la zona de contacto con la fijación y la deformación experimentada por los sujesores.

Dependiendo de su disposición en la unión también pueden quedar solicitados según su dirección axial.

La selección del medio de unión para una situación específica dependerá de la magnitud de las fuerzas a traspasar, las dimensiones de los maderos, condicionantes de arquitectura, necesidades y restricciones de montaje.



7.2.1 Factores que afectan la resistencia de las fijaciones mecánicas

El éxito de la unión está asociado a varios factores. Los siguientes afectan directamente la resistencia de la fijación mecánica:

7.2.1.1 Densidad de la especie maderera:
La resistencia de un elemento mecánico de unión depende de la madera utilizada. Para esto se agrupan las especies de acuerdo a la densidad anhidra (P0), según tabla de norma NCh 1198 Of 91. En el caso del Pino radiata se puede considerar una densidad aproximada de 450 Kg/m3 (humedad < 19%).

7.2.1.2 Cargas admisibles:
Se refiere a la capacidad de carga de un elemento de unión para una fijación representativa, la que se obtiene de un ensayo normalizado, considerando un factor de ajuste de 2,5 con respecto a la carga característica (NCh1198 Of 91).

7.2.1.3 Secciones transversales críticas y tensiones de cizalle:
La sección transversal crítica de una pieza de madera será la sección transversal, perpendicular al eje longitudinal de la pieza, que presenta las tensiones de trabajo máximas, calculadas éstas con la sección transversal neta.

Se deben realizar cálculos para determinar si el diseño en la colocación de las fijaciones está correcto, dependiendo de la situación que se esté enfrentado.

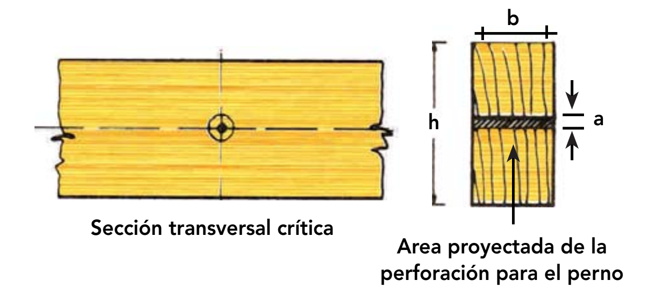


Figura 7- 7 : Sección transversal neta de la unión para una pieza con un perno.

En el caso de la **Figura 7 - 7**:

- Sección transversal crítica (**STC**)
  STC = h x b
- Sección transversal neta (**STN**) para pernos está dada por:
  STN = (h x b) – (a x b)

El detalle de estos cálculos y casos que se deben analizar están descritos en la norma NCh1198 Of 91.

7.2.1.4 Dirección de la carga respecto a la fibra de la madera:

Para ciertas fijaciones, el ángulo formado por la dirección de las cargas y de las fibras, incide en la determinación de las cargas de diseño.

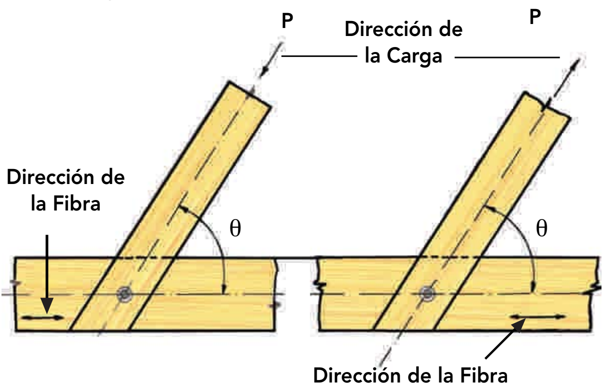


Figura 7- 8 : Carga inclinada respecto a la fibra de la madera.

θ = 0° carga paralela a la fibra de la madera
θ = 90° carga normal a la fibra de la madera

7.2.1.5 Espaciamiento:
Dice relación con la distancia que debe existir entre centros de elementos de fijación o desde un centro de una fijación a un borde vecino, de tal forma que cada uno de ellos resista el esfuerzo para lo que fue calculado.Puede ser medida en dirección paralela o perpendicular a la fibra.

Con respecto a los bordes se distinguen: borde cargado, Sbc y borde descargado, Sbd. El borde cargado es el borde de la pieza que se encuentra afectado por la acción de la fuerza que transmite el elemento de unión o por alguna de las componentes de esta fuerza, de forma paralela o normal a la dirección de la fibra. Borde descargado es el borde de la pieza que no se encuentra afectado por la acción de la fuerza, o sea, la carga inducida por el elemento de unión actúa alejándose de dicho borde.

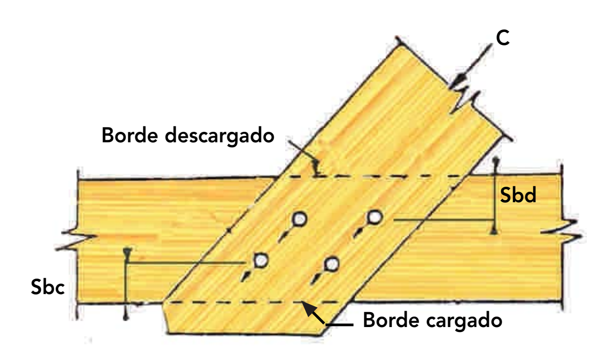


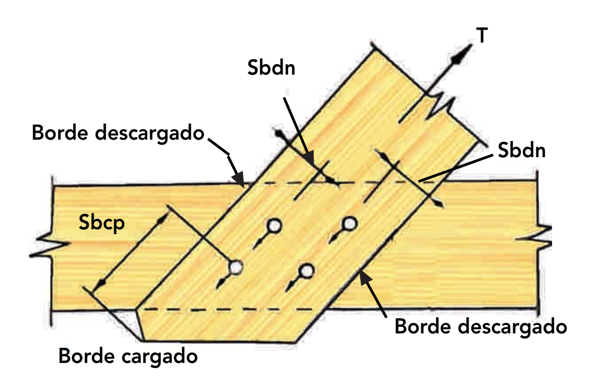
Figura 7 – 9 : Espaciamiento mínimo entre un elemento de unión y el borde vecino.

Con estos antecedentes se pueden definir los espaciamientos que se muestran en la Figura 7- 10, tanto para la pieza solicitante como para la solicitada, entendiéndose como:

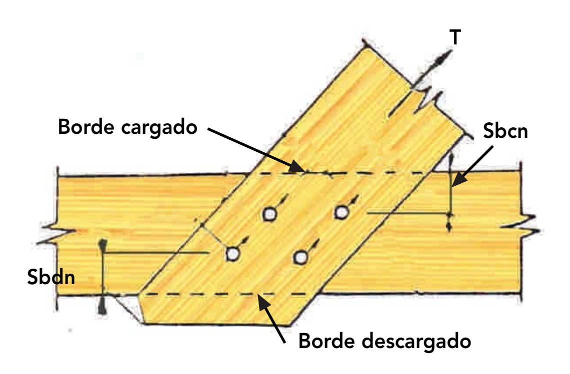
Pieza solicitante: pieza cuyo eje tiende a coincidir con la dirección de la fuerza a traspasar en la unión.

Pieza solicitada: pieza cuyo eje tiende a diferir con la dirección de la fuerza a traspasar en la unión.

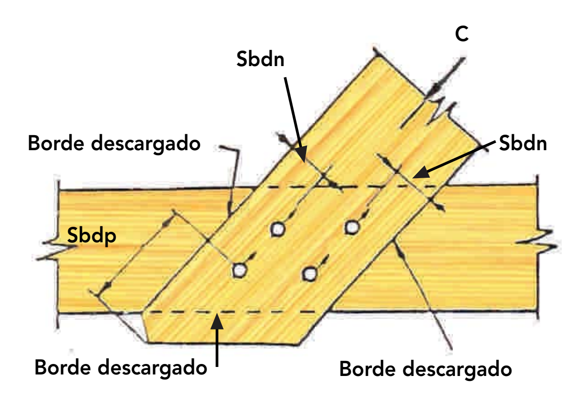
- **Sp**: Espaciamiento mínimo entre elementos de unión medido en dirección paralela a las fibras de la pieza.
- **Sn:** Espaciamiento mínimo entre elementos de unión medido en dirección normal a las fibras de la pieza.
- **Sbcp:** Espaciamiento mínimo entre un elemento de unión y un borde cargado medido en dirección paralela a las fibras de la pieza.
- **Sbcn:** Espaciamiento mínimo entre un elemento de unión y un borde cargado medido en dirección normal a las fibras de la pieza.
- **Sbdp:** Espaciamiento mínimo entre un elemento de unión y un borde descargado medido en dirección paralela a las fibras de la pieza.
- **Sbdn:** Espaciamiento mínimo entre un elemento de unión y un borde descargado medido en dirección normal a las fibras de la pieza.



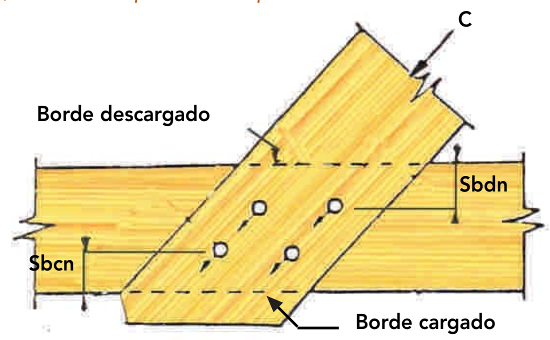
(A) Unión traccionada en pieza solicitante.



(B) Unión traccionada en pieza solicitada.



(C) Unión comprimida en pieza solicitante.



(D) Unión comprimida en pieza solicitada.

Figura 7- 10 : *Designaciones para los espaciamientos y bordes.*

Los espaciamientos entre los clavos quedan supeditados a las condiciones que se describen en la norma NCh1198 (Madera – Construcciones en Madera – Cálculo) tabla 51, considerando el diámetro del clavo y el ángulo que forma la fibra con la dirección de la fuerza (Anexo VII).

7.2.1.6 Excentricidad:
Las fijaciones se deben disponer simétricamente con respecto al eje de la pieza solicitante y se debe tratar que los ejes de las barras sean concéntricos.

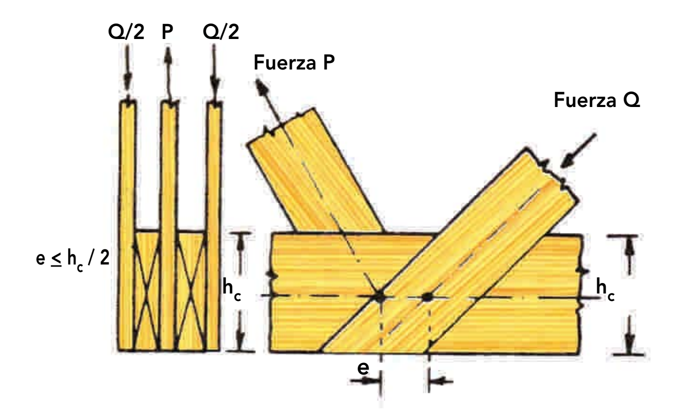


Figura 7- 11 : Uniones de barras excéntricas.

Para la certificación de la excentricidad se debe verificar:

- tensión principal, solicitación que transmite el elemento de unión.
- tensión secundaria, debido al momento generado por la excentricidad, la que no debe sobrepasar los valores de diseño.

7.2.1.7 Acción en grupos de las fijaciones:
La disposición más habitual de los elementos de unión es aquella formada por una hilera, la que consiste en dos o más elementos del mismo tipo y tamaño alineados en la dirección de la carga, solicitado a cizalle simple o múltiple.

Al colocar dos o más elementos de fijación de igual tamaño alineados en la dirección de la carga, hay que considerar que la carga de transferencia no queda distribuida de forma homogénea entre todas las fijaciones. Las fijaciones ubicadas en los extremos tienden a recargarse con una mayor proporción de la solicitación que las fijaciones intermedias. Por lo tanto, la eficiencia de una fijación se reduce a medida que se incrementa el número de elementos de fijación.



Figura 7- 12 : Hilera de 7 fijaciones.

7.2.1.8 Factores de modificación:
Los factores de modificación están relacionados con la duración de la carga (K_D), contenido de humedad (K_{UH}), espaciamiento (K_S), longitud de hilera (K_U), por uso de cubrejuntas metálicas (K_{CM}) y profundidad de penetración (K_{PP}). Cabe señalar que no todos los factores son aplicables a todas las uniones, así por ejemplo, a los pernos no se les aplica el coeficiente por profundidad de penetración K_{PP}.

7.2.1.9 Módulo de corrimiento:
Caracteriza la rigidez de un medio de unión y corresponde al valor de la fuerza (en Newton) requerida para provocar un corrimiento relativo unitario (medido en mm), entre las piezas unidas por la fijación a utilizar.

En el Anexo V se presentan tablas que entregan información práctica para las uniones de clavos, pernos y tirafondos.

7.2.2 Clavos

7.2.2.1 Generalidades
El clavo es, sin duda, uno de los medios más simples para unir piezas de madera con un óptimo resultado. Su uso se remonta a tiempos inmemorables.

Puede ser de vástago liso o estriado (este último tiene la opción de ser helicoidal o anular), es fabricado a base de alambre endurecido (con bajo contenido de carbono) por proceso de trefilado en frío, pudiendo tener terminaciones de galvanizado, barnizado o pulido.

El diseño de uniones clavadas está sujeto a la norma NCh1198 (Madera-Construcciones en Madera–Cálculo), que entrega las especificaciones para uniones realizadas con los tipos de clavos fabricados según la norma NCh1269 Of 90, Clavos de acero de sección circular de uso general. Requisitos. En caso de tener que utilizar clavos diferentes a los tipos especificados en la norma, esto se puede hacer siempre y cuando se cuente con un certificado de ensayo emitido por un organismo oficial de investigación y ensaye.

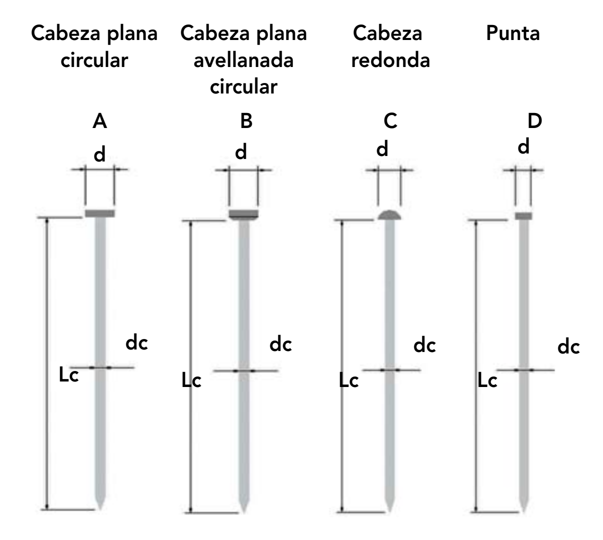


Figura 7- 13 : Clasificación de clavos según los distintros tipos de cabezas, norma NCh 1269.

Designación m x m	Largo Lc mm	Diam. dc mm	Diámetro mínimo "d" para A - B y C	Cant. clavos kg
150 x 5.6	150	5.6	13.4	24
125 x 5.1	125	5.1	11.9	37
100 x 4.3	100	4.3	10.3	66
90 x 3.9	90	3.9	8.7	103
75 x 3.5	75	3.5	7.9	145
65 x 3.1	65	3.1	7.1	222
50 x 2.8	50	2.8	6.7	362
50 x 2.2	50	2.2	6.7	405
45 x 2.2	45	2.2	6.3	559
40 x 2.2	40	2.2	6.3	647
30 x 2.0	30	2	5.1	1195
25 x 1.7	25	1.7	4.3	2042
20 x 1.5	20	1.5	3.8	3362
15 x 1.3	15	1.3	3.3	6026

Tabla 7-1: Dimensiones y tolerancias de los clavos.

Los clavos pueden ser:

- **Galvanizados**
- **Barnizados**
- **Pulidos**

Otras características:

- **El largo (Lc) no incluye la cabeza del clavo para los tipos A - B y D.**
- **La tolerancia del largo (Lc) del clavo es ± dc.**
- **La tolerancia para el diámetro (dc) del clavo es:**
- **0.1mm para diámetros dc ≥ 30 mm**
- **0.05 mm para diámetros dc < 30 mm**

Los clavos son elementos de fijación simple y de fácil aplicación. Se caracterizan por ser capaces de transmitir los esfuerzos de un elemento a otro en una estructura. Su gran divulgación los convierte en prácticos y económicos.

Su condición de elemento metálico de pequeña sección transversal hace que el esfuerzo que el clavo es capaz de transmitir esté limitado por la concentración de tensiones que introduce en la madera y que tiende a rajarla en el lugar donde actúa. Por esta razón es imprescindible ubicar varios clavos en una misma unión, a fin de que la fuerza aplicada se reparta en un área que garantice que las tensiones desarrolladas se mantengan bajo el valor que provoca la rotura de la madera. Los espaciamientos mínimos definidos en la norma NCh 1198 neutralizan los riesgos de rajaduras de los maderos.

Otra característica de las uniones clavadas es su deformabilidad, ocasionada por la transmisión del esfuerzo que tiende a rajar la madera debido a su pequeña sección transversal y por la deformación por flexión del clavo, debido a su largo y pequeño momento de inercia.

Sin embargo, si esta deformabilidad se restringe a ciertos límites, se convierte en una virtud, pues la unión puede absorber las tensiones que se producen debido a la aparición de esfuerzos secundarios y brinda ductilidad a la estructura.

7.2.2.2 Aplicación

En la norma NCh1198 (Madera- Construcciones en Madera – Cálculo), se definen capacidades admisibles de carga para clavos solicitados a extracción directa (fuerza solicitante actúa según la dirección del vástago del clavo) y a extracción lateral (fuerza solicitante actúa normal a la dirección del vástago del clavo).

La dirección de la fuerza de extracción del clavo respecto a su eje establece dos tipos de resistencia de las uniones clavadas:

- **Si la carga es paralela al eje del clavo, la unión presentará resistencia a la extracción directa.**

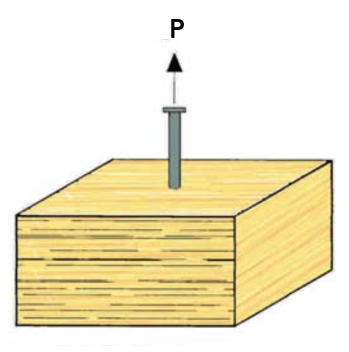


Figura 7- 14 : Solicitación de extracción directa.

Los factores que más influyen en la resistencia a la extracción directa son:

- Profundidad de penetración
- Diámetro del clavo
- Densidad de la madera
- Contenido de humedad de la madera
- Dirección de colocación respecto de las fibras de la madera
- Espesor de las piezas que se unen

No existe diferencia significativa entre las cargas necesarias para extraer clavos recién colocados en madera seca como madera verde.

Se pierde gran parte de la resistencia a la extracción directa si el clavo se coloca en madera verde que se seca antes de una solicitación de extracción, o si se coloca en madera seca que se humedece antes de dicha solicitación.

No se recomienda el uso de clavos colocados en dirección paralela a las fibras de la madera, soportando cargas de extracción directa.

En función de los factores expuestos, se puede concluir que debe evitarse el uso de clavos sometidos a la acción de solicitaciones paralelas al eje del clavo. Cuando esto no sea posible, deben aplicarse las disposiciones que se indican en la norma NCh1198 (Madera- Construcciones en Madera – Cálculo), solicitaciones de extracción directa.

- **Si la carga es normal al eje del clavo, la unión presentará una resistencia a la extracción lateral.**

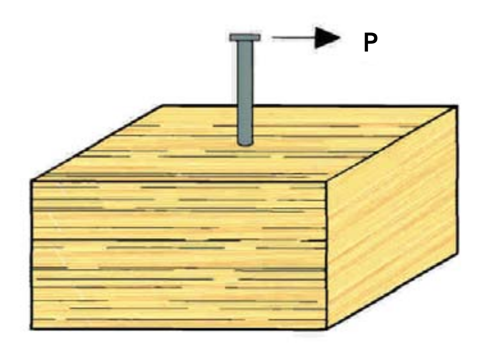


Figura 7- 15 : Solicitación de extracción lateral.

En ella inciden:

La capacidad admisible de carga de una superficie de cizalle y de un clavo solicitado normal a la dirección de su eje (Pcl,adm). Se calcula independientemente del ángulo que forma la dirección de la carga con la fibra de la madera, como se indica en la norma NCh1198 (Madera - Construcciones en Madera- Cálculo) a través de la expresión :

$$Pcl, adm = 3.5 \times po,k^{0,5} \times dc^{1,5}$$

po,k = densidad anhidra característica basada en masa y volumen anhidro de la madera en kg/m^3.

En general se exige la presencia de al menos cuatro clavos en cada uno de los planos de cizalle que se presenten en una unión clavada de dos o más piezas de madera.

La expresión anterior exige respetar un espesor mínimo en las maderas que se unen igual a: **7dc .**

En todo caso, para elementos constituyentes de uniones estructurales se deben usar espesores mayores o iguales a 18 mm.

Los factores que influyen en la resistencia a la extracción lateral son:

- **Diámetro del clavo**
- **Densidad de la madera**
- **Contenido de humedad de la madera**
- **Espesor de los elementos que se unen**

Existe una pequeña diferencia entre la resistencia de uniones clavadas con madera seca y madera húmeda, siempre que tales estados se mantengan mientras la unión esté en servicio.

El contenido de humedad de la madera afecta fuertemente la resistencia de la unión, si aumenta o disminuye en forma considerable durante la vida de la unión.

Según las características constructivas se distingue entre uniones de cizalle simple y de cizalle múltiple.

A) Uniones de cizalle simple:

Cada clavo atraviesa completamente un solo madero a la vez.

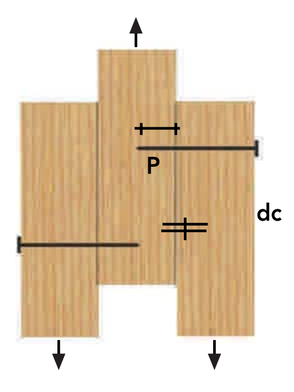


Figura 7- 16 : Resistencia lateral, cizalle simple.

La expresión establecida para $P_{cl,adm}$ es aplicable cuando la penetración efectiva del clavo **p** en el madero de anclaje satisface la condición:

$$p > 12\ dc$$

Penetraciones efectivas, p, menores que 6 dc no se aceptan en uniones estructurales de cizalle simple.

Cuando la penetración efectiva, p, es tal que:

$$6\ dc < p < 12\ dc$$

la capacidad admisible de carga, $P_{cl,adm}$ de la superficie de cizalle adyacente a la punta del clavo debe ser afectada por el Factor de Modificación **K** pcs, siguiente:

$$K\ pcs = p / 12\ dc$$

B) Uniones de cizalle múltiple :
Cada clavo atraviesa al menos 2 maderos completamente.

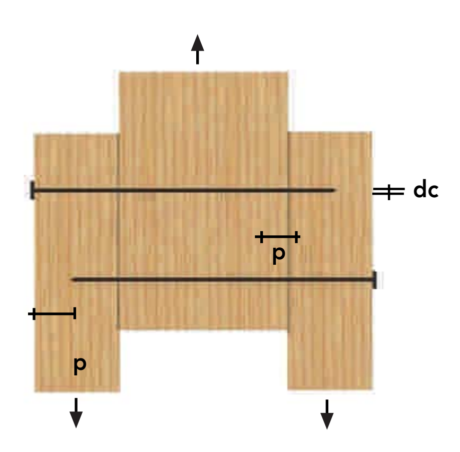


Figura 7- 17 : Resistencia lateral, cizalle múltiple.

En estas uniones la capacidad admisible de cada clavo, **Pcl,adm**, se calcula de acuerdo con la expresión :

$$Pcl,adm = (m - 0,25) \times Pcl,adm$$

Siendo:
m = número de planos de cizalle que atraviesa el clavo. Se exige para estos efectos que la penetración efectiva, **p**, en la pieza que recibe la punta del clavo sea mayor que **8 dc**. Si la penetración efectiva es menor que **4 dc**, la superficie de cizalle más cercana a la punta del clavo no debe ser considerada en los cálculos.

En Anexo VII se presenta **tabla** con los espaciamientos mínimos de clavos de diámetro dc, en milímetros.

Al considerar la dirección de la carga aplicada respecto a la dirección de las fibras de la madera, se presentan los siguientes tipos de resistencias de las uniones clavadas.

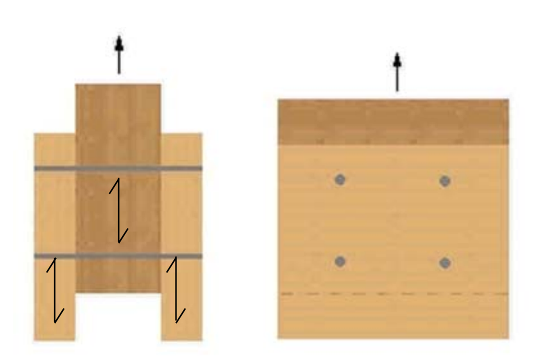


Figura 7- 18 : Carga paralela a la fibra.

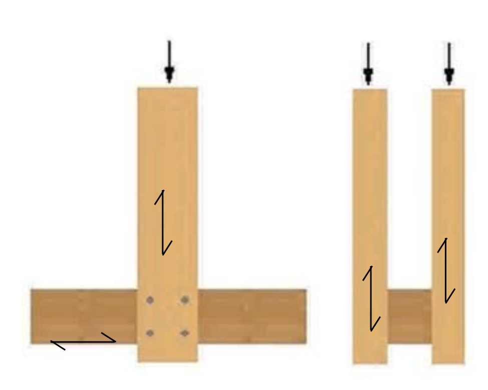


Figura 7- 19 : Carga normal a la fibra.

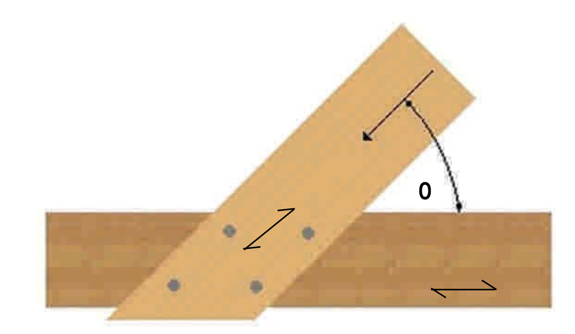


Figura 7- 20 : Cargas que forman ángulo dado con la fibra.

Piezas de sección transversal circular

En uniones de tablas y tablones con piezas de sección transversal circular (postes, rollizos), se deben reducir las capacidades admisibles de carga de los clavos en 1/3.

Las uniones clavadas entre piezas de sección transversal circular no se aceptan como estructurales.

Uniones clavadas para tableros

La capacidad admisible de carga a la extracción directa en kg (**Ped,ad**) del clavo con diámetro **d**, rige también para:

- Uniones de cizalle simple y múltiple de tableros contrachapados fenólicos de un mínimo de 4 chapas, siempre que:

  e min = 3 **d** para **d** $\leq$ 4.2 mm

  e min = 4 **d** para **d** > 4.2 mm

- Uniones de cizalle simple conformadas con tableros de partículas con espesores mínimos que sean iguales a 4.5 **d**.

En uniones de cizalle simple de tableros de partículas y para clavos con diámetros menores que 4.2 mm, se permite un **e min** de hasta **3d**, debiendo reducirse la carga admisible del clavo en la razón:

e mi

4.5 d

La cabeza de los clavos no debe embutirse en más de 2 mm con respecto a la superficie del tablero. Preferentemente se recomienda una hinca a ras con dicha superficie.

Antes de una disposición de este tipo, los espesores mínimos de tableros deben incrementarse en 2 mm.

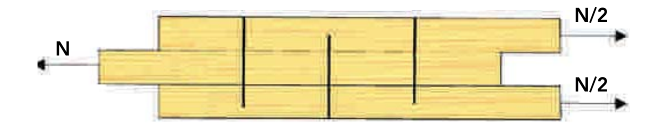
Protección anticorrosiva

Cuando los clavos queden expuestos a riesgos de corrosión, sólo se les podrá asignar su capacidad de carga admisible cuando ellos se hayan protegido de acuerdo con las exigencias establecidas en la norma NCh1198 (Madera – Construcciones en Madera- Cálculo), **Tabla** 32, Exigencias mínimas de protección anticorrosivo para elementos de unión de acero.

Espaciamiento

La distribución del clavado debe definirse respetando los espaciamientos mínimos especificados en **Tabla 51** (norma NCh1198 Of 91), que se presenta en Anexo VII como complemento, tomando en consideración el diámetro del clavo, dc, y el ángulo que forma la fibra con la dirección de la fuerza.

Los clavos se deben alternar según la disposición que se presenta en la figura, desplazándolos en un diámetro de clavo, con respecto al gramil definido para el clavado.



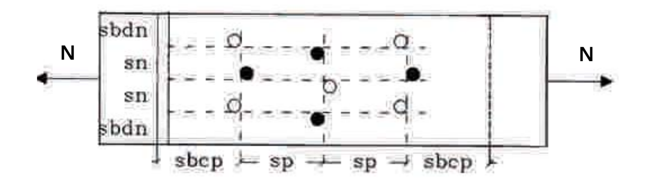


Figura 7- 21 : *Disposición de clavado.*

7.2.2.3 Clavos lanceros

En situaciones en que la fijación deba ser dispuesta en forma inclinada (clavo lancero), debe cumplirse con la siguiente especificación:

Colocar de modo que el eje del clavo forme un ángulo de 30° con la pieza donde quedará la cabeza del clavo y a una distancia aproximadamente igual a 1/3 del largo del clavo, medida a contar del extremo de dicha pieza.

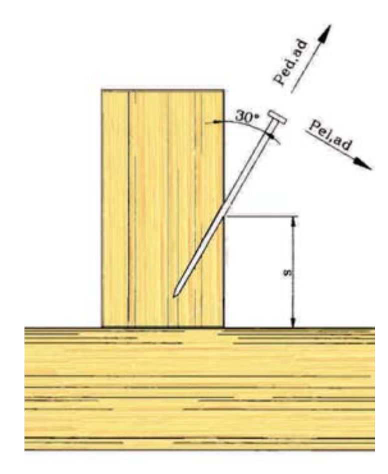
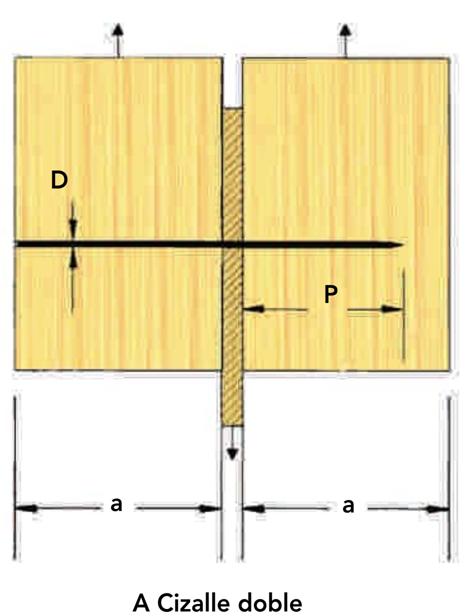


Figura 7- 22 : *Detalle para la correcta colocación de clavos lanceros.*

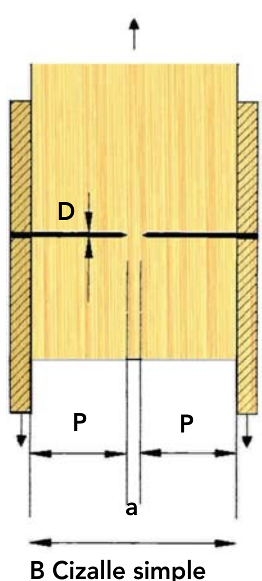
Se debe tener en cuenta que las cargas admisibles, tanto de extracción directa como lateral, en un clavo puesto en forma de lancero son un % de las determinadas para un clavo puesto ya sea perpendicular a la fibra o paralela a ésta, considerando las restricciones correspondientes que expone la norma NCh 1198 Of 91.

7.2.2.4 Uniones clavadas con plancha de acero
En la fijación de planchas planas de acero, de menos 2 mm de espesor con uso de clavos redondos de vástagos lisos, se deben perforar simultáneamente la plancha y la madera hasta una profundidad igual a la longitud del clavo, **Figura 7- 22 A.**

En planchas de acero dispuestas sólo exteriormente no se requiere de una perforación previa de la madera, **Figura 7- 22 B.**



A Cizalle doble



B Cizalle simple

Figura 7- 23 : Clavos sometidos a cizalle doble (A) y cizalle simple (B).

En uniones solicitadas en compresión se debe controlar la unión de contacto entre los maderos y eventualmente la adecuada seguridad al pandeo local de las planchas de acero. En uniones traccionadas se deben verificar la tensión de tracción de las planchas, considerando el debilitamiento producido por las perforaciones.

En el clavado de planchas de acero dispuestas externamente se puede prescindir de una disposición alternada de los clavos alineados consecutivamente en la dirección de la fibra y se presenta a modo de ejemplo:

- Cuando se dispone una única plancha fijada con clavos de diámetro que no excedan de 4mm y el espesor del madero equivale a la profundidad de clavado, sin resultar inferior a 10 **D**.

Para clavos con **D** mayor a 4,2 mm, el espesor del madero debe ascender al menos a 1,5 veces la profundidad de clavado, sin resultar inferior a 15 **D**.

- Cuando se disponen dos planchas, una a cada lado del madero, fijadas con clavos hincados desde ambos lados con diámetros que no excedan de 4,2 mm y siempre que estos clavos no se traslapen en el madero central.

Para clavos con **D** > 4,2 mm, deben quedar desplazadas en al menos la profundidad **p** de clavado.

Cuando no se respeten las disposiciones anteriormente expuestas para la pieza de madera central, los espaciamientos mínimos, **Sp**, en la dirección de la fibra, deben ser :

$$Sp = 10\,D \text{ (para } D \leq 4{,}2 \text{ mm)}$$
$$Sp = 12\,D \text{ (para } D > 4{,}2 \text{ mm)}$$

La distancia de los clavos al borde de las planchas debe ascender al menos a 2,5 **D** y en el caso de una disposición no alternada, a 2**D**.

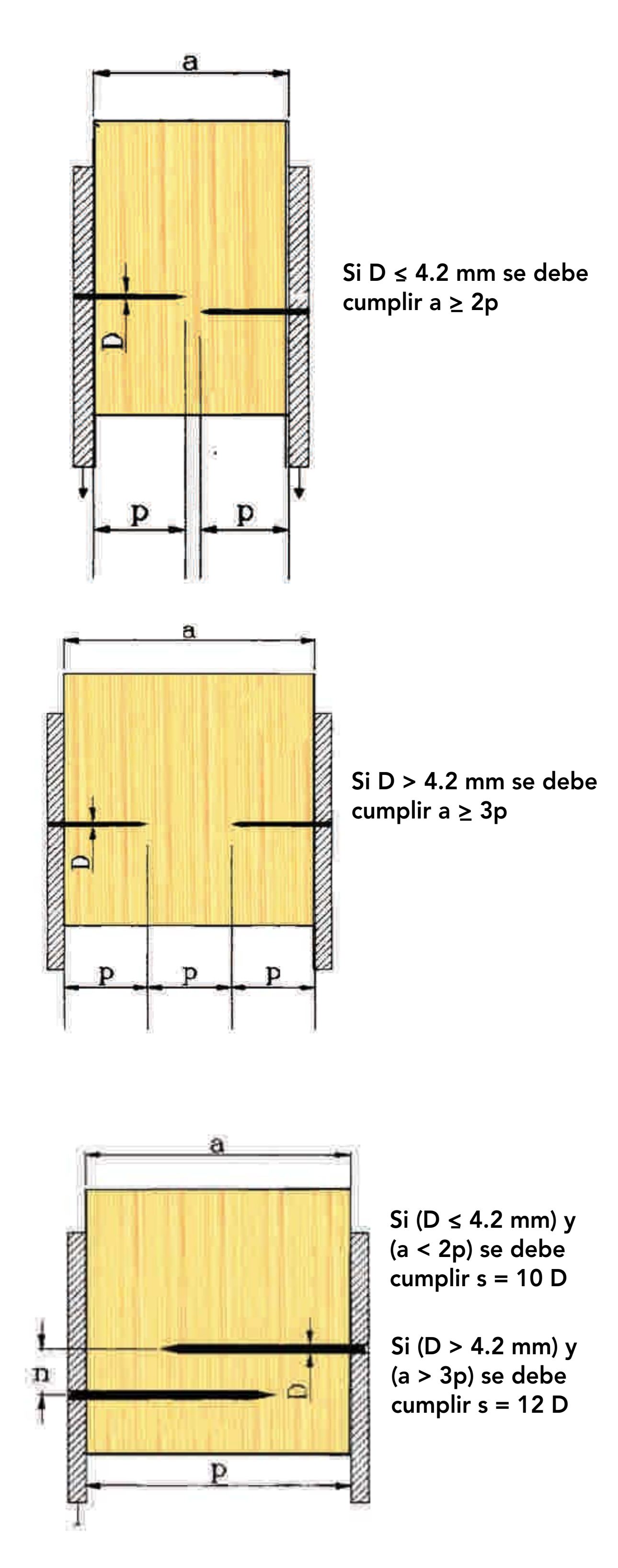


Figura 7- 24 : Uniones de placa de acero y madera con clavado sin disposición alternada.

7.2.3 Tornillos

7.2.3.1 Generalidades

El tornillo es un elemento de fijación utilizado comúnmente para neutralizar fuerzas de arranque (orientadas según la dirección del vástago) donde su desempeño es mayormente superior al de los clavos corrientes o bien, para traspasar cargas menores en uniones que solicitan los tornillos a extracción lateral. Los tornillos difieren básicamente por su cabeza, algunos tipos son de cabeza plana, redonda y oval. Además, podemos diferenciarlos por su punta y tipo de hilo. A continuación, se expondrán los tornillos autorroscantes por tener una mayor capacidad resistente.

Comúnmente estos elementos son fabricados de acero endurecido con terminación, sin recubrimiento alguno; se pueden obtener a pedido zincados, dicromatados, galvanizados o aceitados, los hay en diámetros entre 2,18 mm y 6,15 mm y los largos varían desde 3/8" hasta 3 1/2" según la norma ANSIB 18.6.1.

Generalmente los tornillos no requieren de protección anticorrosiva, pero en uniones de madera con planchas de acero que estén sometidas a ambientes corrosivos necesariamente se exige un recubrimiento medio de al menos 50 gr/mm2.

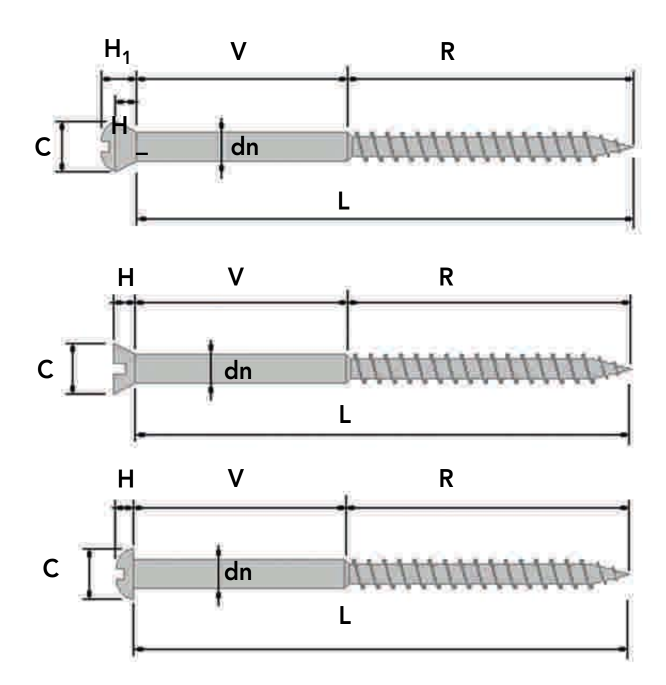


Figura 7- 25 : Detalles de tornillos con cabeza plana, oval y redonda.

dn : Diámetro nominal del tornillo

L : Largo nominal del tornillo

R : Longitud de rosca

V : Longitud vástago liso

C : Diámetro de la cabeza

H : Altura de la cabeza del tornillo

7.2.3.2 Aplicación
Este elemento para unión se utiliza cuando existen solicitaciones simples y rápidas, usualmente se utiliza para la fijación de revestimientos, placas estructurales, tabiquerías de yeso-cartón y elementos livianos como cubiertas de techumbre. No requieren de mayor especialización para su empleo y hoy en día se optimiza el tiempo de colocación al utilizar un sistema mecánico de fijación, como son por ejemplo los atornilladores eléctricos.

7.2.3.3 Especificaciones exigidas según norma NCh 1198 Madera-Construcciones en Madera-Cálculo

- Rigen para tornillos con un diámetro nominal (dn) de al menos 4 mm según norma ANSI B 18.6.1. Este tipo de unión debe trabajar en cizalle simple y disponer en cada unión de al menos cuatro tornillos cuando dn < 10 mm y dos, cuando dn = 10 mm.

- **Solicitaciones de extracción lateral**
La capacidad admisible de carga, la extracción, penetración de atornillado y perforaciones previas necesarias, se exponen en el subpárrafo 10.6.2. de la norma.

- **Solicitación de extracción directa**
Se debe cumplir lo expuesto en el subpárrafo 10.6.3 de la norma.

- **Combinación de solicitaciones**
Al actuar simultáneamente sobre un tornillo solicitaciones de cizalle, según subpárrafo 10.6.2 y de extracción directa, según subpárrafo 10.6.3, rige la igualdad del subpárrafo 10.9.13 con m = 2.

- **Espaciamiento**

- Se deben cumplir los espaciamientos para tornillos sometidos a solicitaciones de extracción lateral según Tabla N° 51, como igualmente para tableros derivados de la madera, lo que se expone en el subpárrafo 10.9.11.

- Las distancias máximas entre tornillos vecinos, tomadas en la dirección de la fibra de la madera, no deben sobrepasar 40 dn para cualquier dirección de los tableros y para el caso en que la distancia sea medida en forma normal a la dirección de la fibra, no debe exceder a 20 dn.

Recomendaciones

Con el fin de facilitar la colocación del tornillo, se recomienda lubricar la superficie especialmente en maderas duras, lo que no tiene gran efecto sobre la resistencia de extracción.

Los tornillos siempre deberán atornillarse, nunca deberán golpearse con un martillo, porque esta práctica desgarra las fibras de la madera y daña los hilos del tornillo, reduciendo seriamente su capacidad de resistencia.

7.2.4 Tirafondos

7.2.4.1 Generalidades
El tirafondo es un elemento de unión intermedio, entre tornillo para madera y perno (derivado del francés tire-fond). Es un tornillo con rosca cónica, generalmente de mayor tamaño, con la cabeza de perno cuadrada o hexagonal.

Es comúnmente usado en sitios donde es difícil colocar un perno o donde la apariencia de la tuerca sobre la superficie será objetable.

El comercio nacional entrega ciertos tipos de tirafondos que, por lo general, son mal aprovechados, pues no existe conocimiento de su capacidad resistente.

En Chile se dispone de un solo tipo de tirafondos y es aquel de acero, liso con cabeza soldada al cuerpo o vástago y en el cual la parte roscada (hilo) es aproximadamente un 50% del largo total.

La especificación consignada en la norma NCh 1198 Of 91 se aplica a tirafondos sometidos a extracción directa y a extracción lateral en cizalle simple de una unión con dos elementos.

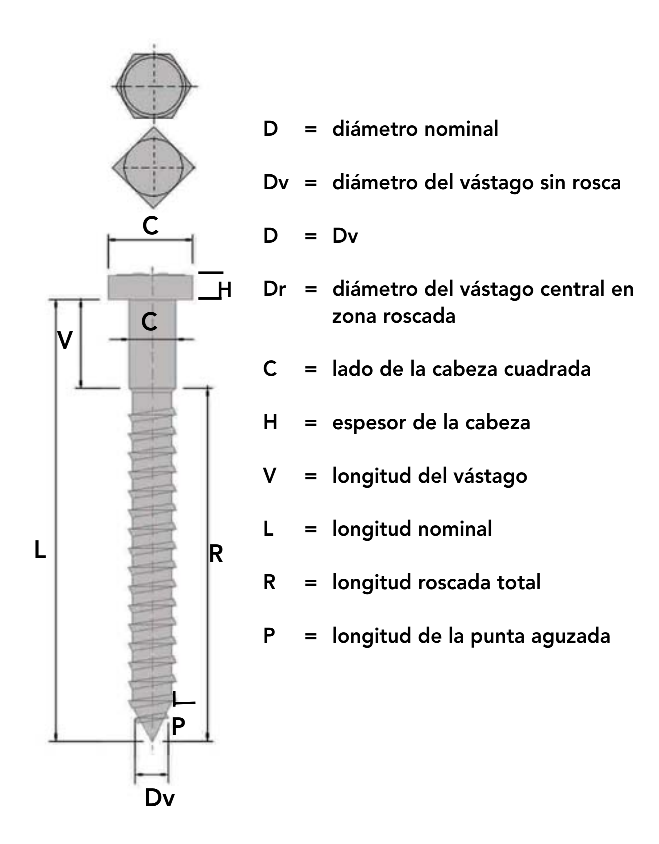


Figura 7-26: *Esquema de un tirafondo.*

Los tirafondos se identifican nombrando primero su diámetro, expresado en pulgadas o fracciones de ellas. Por lo tanto un tirafondo de $^{1}/_{2}$ " x 8", señala que su diámetro es $^{1}/_{2}$ " y su largo es 8".

- Los valores de diseño para tirafondos que se derivan de la norma son aplicables sobre las especies o grupos de especies, según su densidad anhidra, listadas en la Tabla 38 de la norma.

7.2.4.2 Aplicación

Los tirafondos deben ser instalados en perforaciones que tienen la propiedad de guiar su ubicación final, por tal motivo éstas toman el nombre de "perforaciones guías", cuyas características son las siguientes:

- La perforación donde se alojará el vástago del tirafondo debe tener el mismo diámetro (D) de dicho vástago y una profundidad igual a la longitud (V) de la zona sin rosca del tirafondo.

- La perforación para la zona con rosca del tirafondo debe tener una profundidad al menos igual a la longitud de la zona roscada del tirafondo (R-P) y un diámetro comprendido entre:

- 40% y 70% del diámetro del vástago para las especies con densidad anhidra no mayor de 400 kg/m3 (grupo A de la Tabla 38 de la norma).

- 60% y 75% de dicho diámetro para las especies con densidad anhidra superior a 400 kg/m3, pero no mayor de 500 kg/m3 (grupo B al que corresponde el Pino radiata).

- 65% y 85% del diámetro del vástago para las especies con densidad anhidra superior a 500kg/m3 (grupos C y D).

Se recomienda usar los límites mayores de estos rangos para tirafondos con diámetros iguales o mayores que $^{3}/_{4}$".

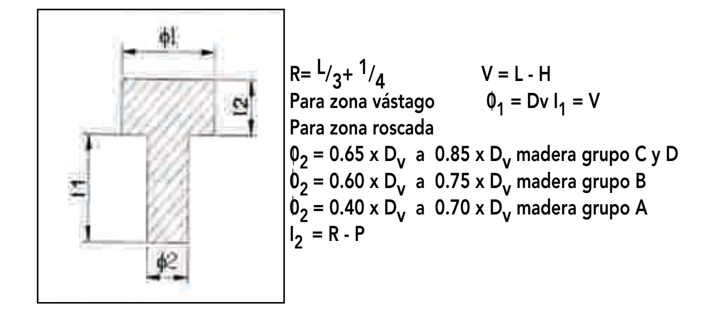


Figura 7-27: *Perforación guía.*

Cuando los tirafondos de diámetros iguales o menores a $^{3}/_{8}$" colocados en maderas de los grupos A y B son sometidos a extracción directa, se puede evitar la perforación guía si los espaciamientos entre tirafondos y las distancias a los bordes de la pieza cumplen con lo descrito sobre los espaciamientos en los subpárrafos 10.5.4.1 y 10.5.4.2 de la norma.

Toda la zona con rosca debe ser colocada en la perforación guía con una llave tuerca. No es aceptable el uso de golpes de martillo en esta operación. Para facilitar la introducción y evitar daños en el tirafondo, se recomienda el empleo de lubricantes en la rosca o en la perforación.

Para uniones estructurales, los tirafondos deben llevar arandelas según Tabla 34, excepto que se dispongan planchas de acero entre la cabeza del tirafondo y la madera.

Solicitaciones de extracción lateral

Deben considerarse todos los aspectos del subpárrafo 10.7.6 de la norma para la carga admisible de extracción lateral de tirafondos colocados con su eje normal o paralelo a las fibras de la madera y sometidos a una carga paralela,

normal o que forma un ángulo θ con la dirección de dichas fibras, factores de modificación, uso de cubrejuntas metálicas.

Solicitaciones de extracción directa

La carga admisible de extracción directa de tirafondos colocados con su eje normal a las fibras de la madera se determina según el subpárrafo 10.7.7 de la norma.

Combinación de solicitaciones de extracción directa y lateral

Cuando un tirafondo queda sometido a una combinación de esfuerzos de extracción directa y lateral a la vez, se deben analizar independientemente ambas solicitaciones. La componente de extracción directa de la carga aplicada, no debe exceder la carga de diseño de extracción directa especificada en la norma y la componente de extracción lateral de la carga aplicada no debe ser mayor que la carga de diseño para extracción lateral, calculada según las prescripciones de subpárrafo 10.7.6.

Protección de uniones

Para la protección con anticorrosivo, remitirse al subpárrafo 10.4.1 de la norma.

Espaciamiento

Los espaciamientos serán los establecidos para pernos de diámetro igual al diámetro del vástago del tirafondo usado, como se explica en los sub-párrafos 10.5.4.1 y 10.5.4.2 de la norma.

7.2.5 Pernos

7.2.5.1 Generalidades

Las especificaciones que estipula la norma NCh1198 Of 91 son aplicables sobre elementos de unión cilíndricos de acero que atraviesan perpendicularmente los planos de cizalle de la unión y que quedan solicitados preponderantemente en flexión, induciendo sobre la madera tensiones de aplastamiento.

Las especificaciones referidas a uniones con pernos de acero son aplicables a pernos que cumplen con la norma NCh 300 y asumen que los agujeros de los pernos se ejecutan con un diámetro que permite una colocación fácil de los mismos y que el centrado de los agujeros en el madero central y en las piezas laterales se realiza en forma cuidadosa y precisa.

Los agujeros de los pernos deben mayorarse con respecto al diámetro de estos, en una magnitud dependiente del tamaño del perno en mm y de las condiciones de servicio, de acuerdo con lo establecido en la Tabla 33 de la norma.

Para uniones estructurales se deben especificar arandelas (golillas) según Tabla 34 de la norma.

El diámetro nominal de los pernos debe estar comprendido entre 10 y 30 mm, ambos valores inclusive.

En cada unión estructural se exige una disposición mínima de dos pernos. Se exceptúan de esta cláusula las uniones rotuladas, en las que resulta suficiente un único perno, cuando éste no queda solicitado en un porcentaje superior al 50% de su capacidad de diseño. Estos pernos se conocen comercialmente como pernos coche.

El perno coche es de cabeza redonda y tiene una parte de sección cuadrada (cuello), inmediatamente debajo de la cabeza, para evitar que gire al apretar la tuerca.

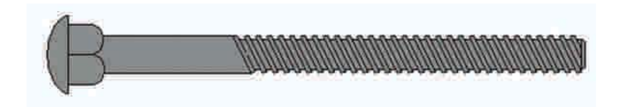


Figura 7-28: *Perno coche.*

El perno es de acero al carbono, blando, con bajo contenido de carbón, denominado acero 1020. Su terminación consiste en un pavonado negro.

La rosca del perno coche es una rosca denominada Whitworth. La tuerca que se utiliza para el perno coche es la cuadrada o hexagonal, de acero (SAE G2, G5, ISO clase 5 y 8), acero inoxidable (AISI 316) o bronce (latón).

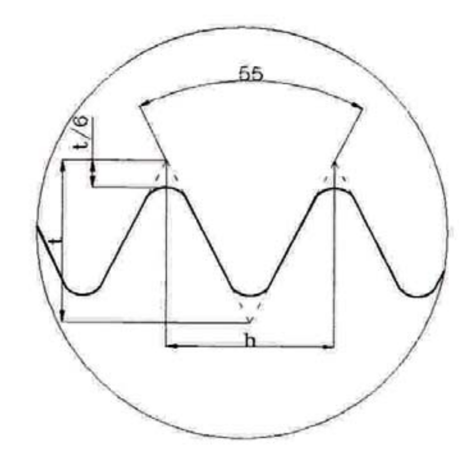


Figura 7-29: *Detalle de la rosca Whitworth.*

Diámetro nominal D pul	Diámetro nominal D mm	Hilos por pulgada n
1/4	6.35	20
5/16	7.94	18
3/8	9.53	16
7/16	11.11	14
1/2	12.70	12
5/8	15.88	11
3/4	19.05	10
7/8	22.23	9
1	25.40	8
1 1/8	28.58	7
1 1/4	31.75	7
1 3/8	34.93	6

Tabla 7-2: Descripción de pernos.

Para uniones estructurales con perno coche, se deben utilizar, además, arandelas según el diámetro del perno. Se prefieren las arandelas en madera cuadradas frente a las circulares, por ofrecer las primeras una mayor resistencia al incrustamiento en la madera.

El perno tipo coche comercialmente viene en diámetros de 1/4" hasta 3/4" y largo de 5/8" hasta 14", en tanto el perno de anclaje viene en diámetros de 6 mm hasta 32 mm y largos que varían entre 50 mm y 420 mm.

7.2.5.2 Aplicación

Por su excesiva deformabilidad, los pernos resultan poco eficientes como elementos de traspaso de fuerzas y se les utiliza más bien como elementos de ensamblado o de fijación posicional de maderas, en uniones que recurren a conectores especiales para el traspaso de las cargas. Estas últimas se insertan o hincan entre los maderos y permiten traspasar cargas considerables.

7.2.5.2.1 Solicitaciones

En la NCh 1198 Of 91 se definen capacidades admisibles de cargas para pernos solicitados por fuerzas orientadas perpendicularmente al vástago.

7.2.5.2.2 Protección de uniones

Para la protección anticorrosiva remitirse al subpárrafo 10.4.1 de la norma.

7.2.5.2.3 Espaciamiento

Los espaciamientos mínimos entre pernos y los bordes se obtienen de lo especificado en el subpárrafo 10.5.4 de la norma.

7.2.5.2.4 Conclusiones

El cálculo de diseño de los pernos utilizados en las estructuras de madera (perno coche), está determinado por las tensiones de cizalle, por la flexión del perno y por las tensiones del aplastamiento en la madera, inducidas por la flexión que sufre el perno.

Respecto de las tensiones de cizalle en el perno, existen tres tipos de cizalle: simple, doble y múltiple. Los tres tipos indicados se analizan a partir del cizalle doble.

La tensión de aplastamiento en la madera se analiza considerando la densidad de ésta en estado anhidro (seco). Para el caso estudiado se tomó una densidad de 450 kg/m3 que es la del Pino radiata.

Otro factor importante en el diseño de los pernos es su esbeltez, ya que con este dato se pueden conocer las cuantías de flexión del perno y así establecer la resistencia de la madera a las tensiones de aplastamiento.

7.2.6 Pernos de anclaje

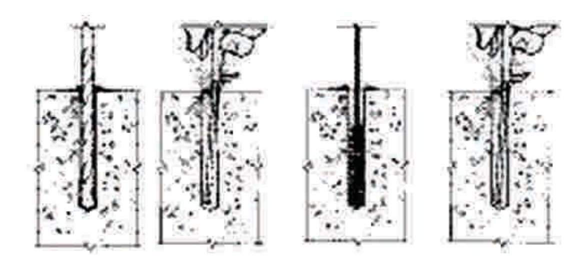
Se ha generalizado el uso de pernos de anclaje para fijar la solera inferior del entramado vertical al sobrecimiento o a la viga del segundo piso.

El perno de anclaje puede ser de acero zincado bicromatado o acero inoxidable.

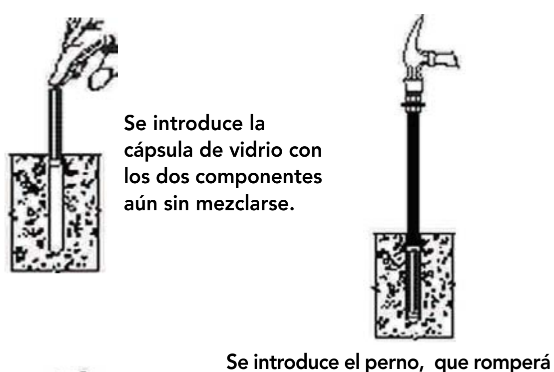
Existen diversos tipos de pernos de anclaje, diferenciándose uno de otro en la forma de activación del anclaje, que puede ser a golpe, atornillado o por componentes químicos. Su uso está orientado a la fijación de estructuras a elementos de hormigón o albañilería.



A)Pernos con extremos que se expanden al ir apernándose.



Perforación en el hormigón   Limpieza de la perforación



Se introduce el perno, que romperá la cápsula mezclando los dos componentes del adhesivo.

Luego de fraguar, se retira la rosca y está en condiciones de ser utilizado.

B) Pernos cuya fijación se realiza con adhesivo especial.

Figura 7- 30 : Dos formas de anclar la fijación al hormigón A) y B).

7.2.7 Conectores metálicos

7.2.7.1 Generalidades

La fabricación de los conectores es sencilla, pero encierra una tecnología bastante desarrollada en lo que a proceso industrial se refiere. Se distinguen dos tipos de conectores:

- Conectores para solicitaciones y dimensiones regulares.
- Conectores para solicitaciones altas y dimensiones regulares.

El primer tipo de estos conectores puede ser fabricado por dos sistemas:

- A base de láminas de acero en rollo. Se estira la lámina de acero en una máquina que mediante corte o impacto, va sacando los conectores de ella. Posteriormente estos pasan a una máquina que se encarga de doblarlos de acuerdo al diseño, para finalmente hacerles el tratamiento de galvanizado o pintura que los mantendrá protegidos de la intemperie.
- A través del doblado de la lámina de acero para luego cortarla, practicarle las perforaciones y finalmente hacerle los tratamientos que sean necesarios. Dependerá de la forma del conector.

El segundo tipo de conectores, por tener que soportar cargas bastante mayores que los anteriores, se fabrica a partir de planchas de acero que se caracterizan por no venir en rollo y tener un espesor que muchas veces supera los 4 mm, imposibilitando trabajar la plancha mediante el doblado para darle forma al conector, teniendo que cortarla con modernos sistemas guiados por láser para luego soldar las piezas. Este proceso es particularmente interesante, dado que se caracteriza por la utilización de métodos muy avanzados y por carecer de mano de obra directa.

La fabricación de este tipo de conector es bastante precisa en lo dimensional y posibilita la producción de un gran número de unidades de la misma tira, ya que toda la información del conector la tiene una máquina en un microprocesador, la cual toma las piezas y las verifica, para luego practicarle un soldado que automáticamente va siendo controlado.

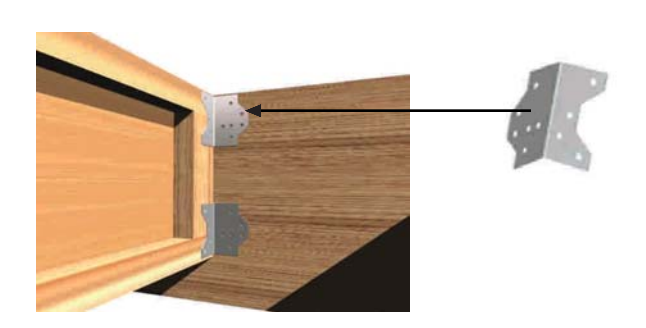
En la actualidad, se pueden encontrar alrededor de 450 tipos distintos de conectores, los cuales van desde las simples placas dentadas hasta aquellos que permiten la unión de elementos de madera en tres dimensiones bajo una gran variedad de ángulos. También existen en el mercado elementos que permiten fijar piezas de madera a elementos de distinta naturaleza como son vigas y otros elementos estructurales de acero, ladrillo, piedra y hormigón.

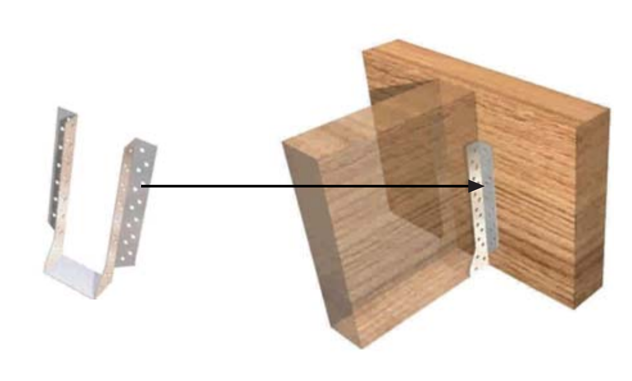
En Estados Unidos el uso de conectores es muy frecuente, en cambio la incorporación de esta tecnología en Chile ha sido en forma gradual. La norma NCh1198 Of 91, regula el cálculo para los conectores en el punto 10.10: Uniones con placas metálicas dentadas. De todas formas, los conectores se rigen bajo normas y estándares americanos, por lo que hoy en día el profesional puede tener una completa confianza en el uso de estos productos.

7.2.7.2 Aplicación

Los conectores normalmente son clasificados según la función que cumplen y por su resistencia estructural. Sin embargo, ya que es imposible incluir todos los conectores que existen en el mercado, se ha decidido emplear otra clasificación, basada en la ubicación que tendrá definitivamente el conector en la estructura de la vivienda, que si bien es general, puede resultar más fácil de entender por el lector. En virtud de lo anterior se diferencia:

7.2.7.2.1 Entramado de piso:
Agrupa a todos los conectores o fijaciones utilizados tanto para unir sus propios componentes, como los utilizados para realizar fijaciones entre esta estructura y otras que inclusive pueden ser de distinta naturaleza.





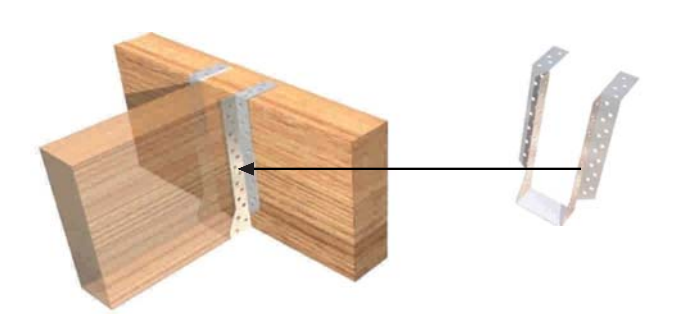
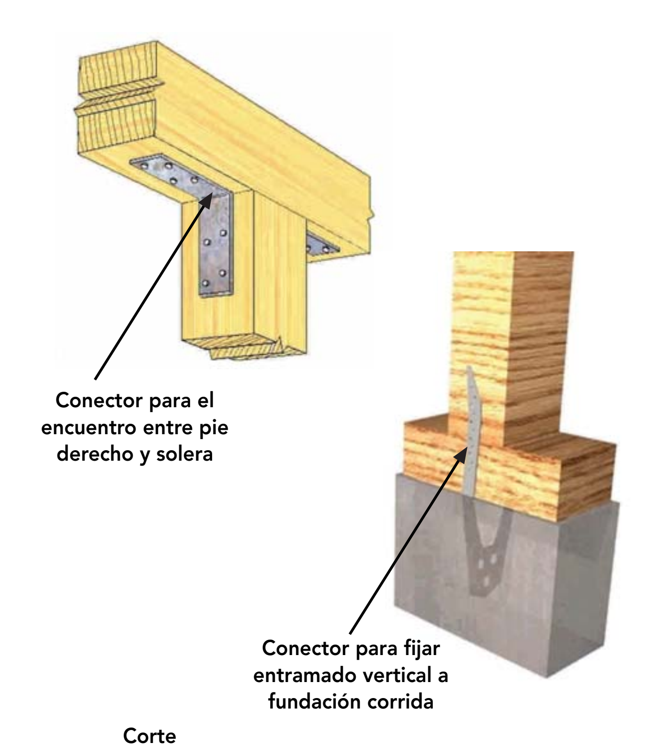
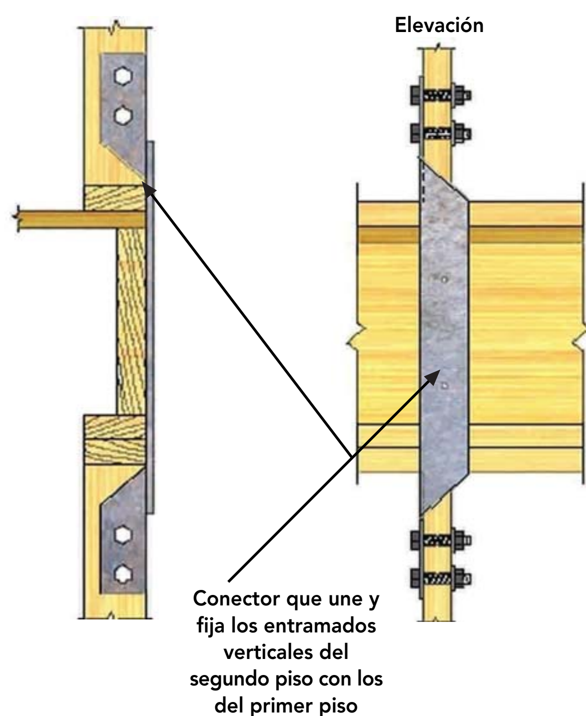


Figura 7-31: Diversas opciones de conectores metálicos para fijar vigas principales o secundarias en entramados horizontales.

7.2.7.2.2 Tabiquería:
Comprende los conectores o fijaciones utilizados en estos elementos para unir sus propios componentes, entre ellos o fijar estos a las fundaciones.





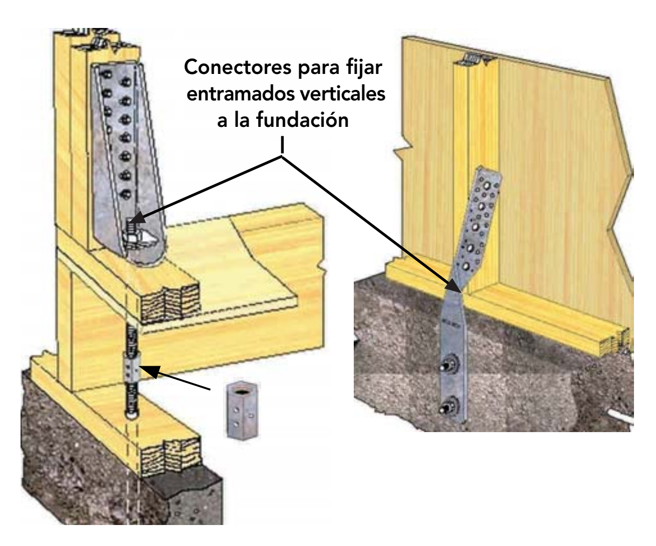
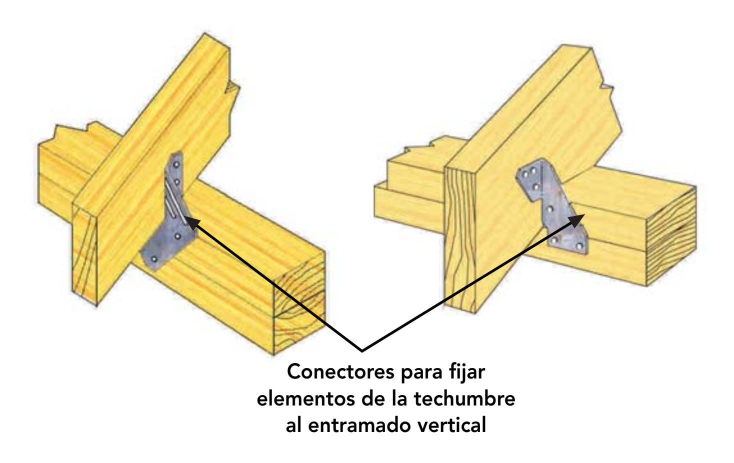
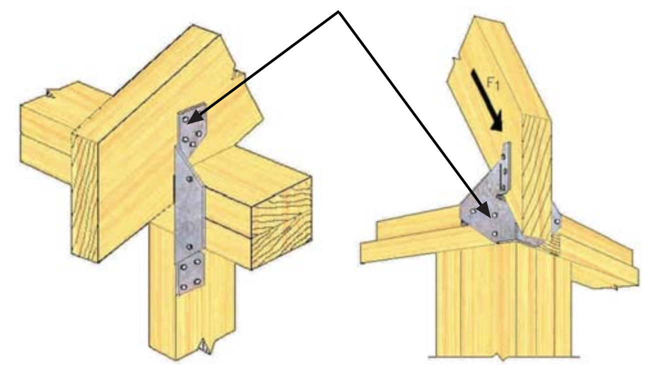


Figura 7- 32 : Alternativas de conectores metálicos para fijar elementos verticales como tabiques o pie derecho.



7.2.7.2.3 Entramado de techumbre:

Considera los conectores utilizados en toda la estructura de techumbre (cerchas, vigas a la vista, costaneras y otros), tales como placas dentadas y platos clavables, asientos de viga y ángulos, entre otros.



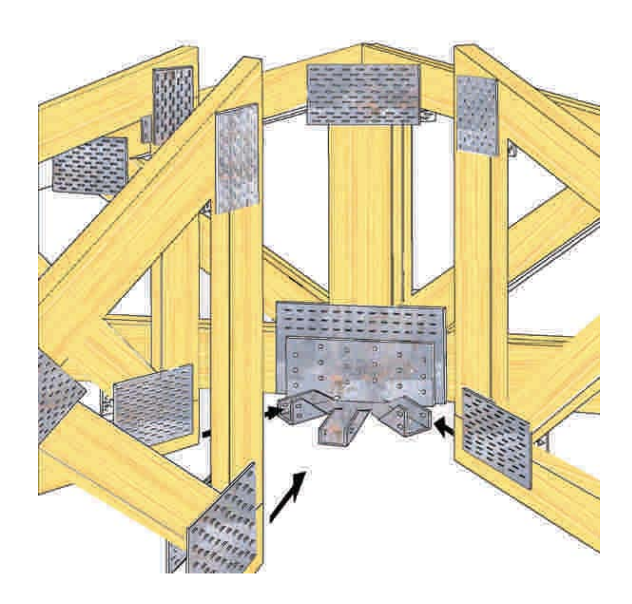


Figura 7- 33 : Alternativas de conectores metálicos para fijar elementos verticales como tabiques o pie derecho.

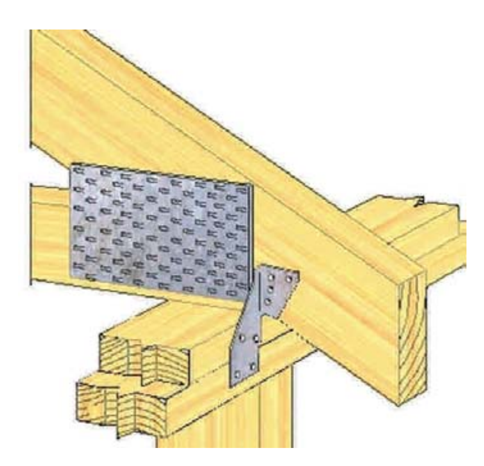
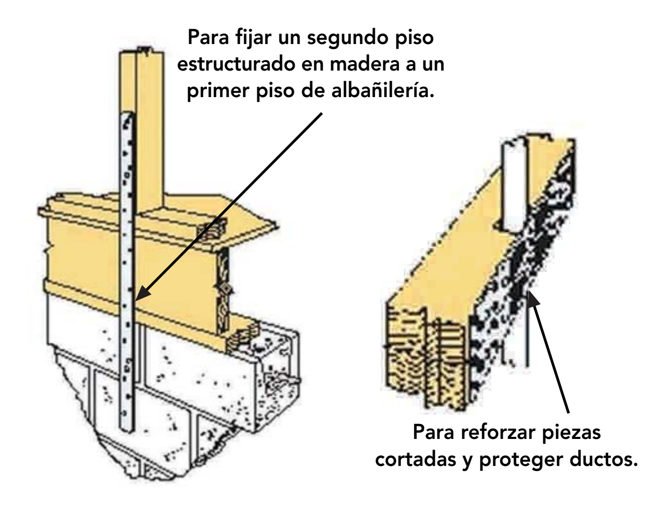
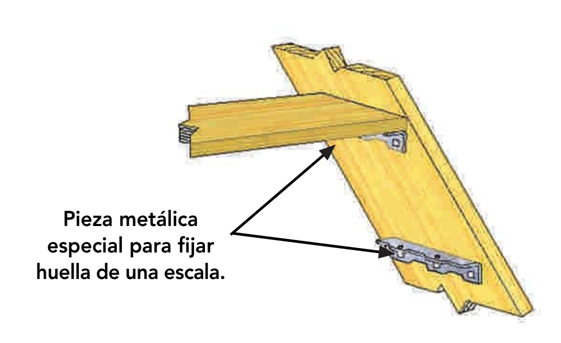


Figura 7- 34: Se muestran algunas alternativas de conectores para los elementos que conforman la techumbre y para su fijación a los entramados verticales.

7.2.7.2.4 Otros:

En esta clasificación se agrupan las fijaciones involucradas en las distintas etapas constructivas de viviendas, bodegas y construcciones con estructura de madera en general.





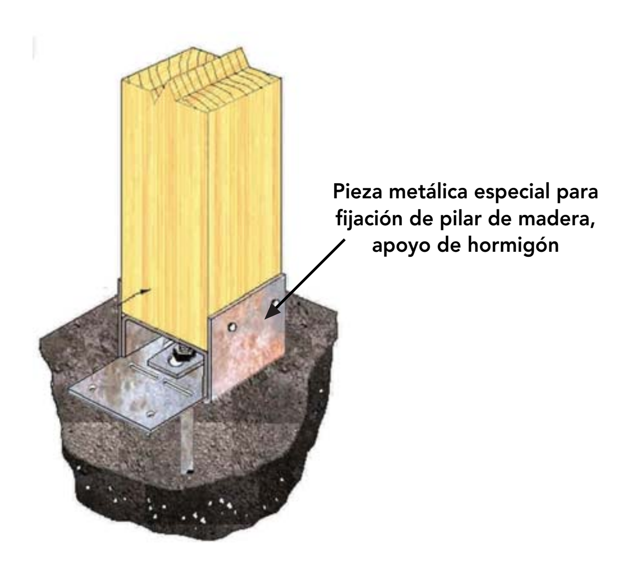


Figura 7- 35: Existen variados conectores para unir o fijar los más diversos elementos.

7.2.8 Uniones con placas metálicas dentadas

7.2.8.1 Generalidades

Las placas dentadas metálicas deben cumplir estrictamente con la norma NCh 1198. A continuación se exponen en forma general los aspectos más relevantes.

- Deben fabricarse de acero, de al menos 1 mm de espesor nominal y con tratamiento anticorrosivo, con un punzonado en forma de conector o clavo conformando un sistema de dientes ubicados perpendicularmente con respecto al plano de la plancha, con una misma dirección y sentido.

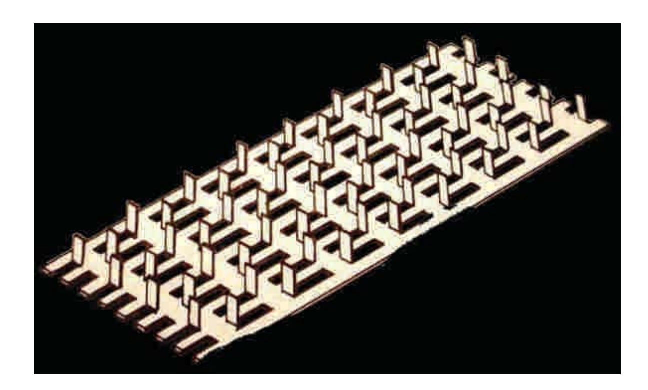


Figura 7- 36: Placa metálica dentada de espesor mínimo de 1 mm.

Deben cumplir con las siguientes propiedades mínimas:

- Tensiones de ruptura en tracción: 310 Mpa.
- Tensión de fluencia: 230 Mpa.
- Elongación en la ruptura según norma ASTM 446: 20 %

7.2.8.2 Exigencias mínimas para el diseño de uniones según norma:

- Que existan dos placas actuando como cubrejuntas, las que se deben incrustar simultáneamente sobre las dos caras de los extremos de las piezas de madera que convergen a una unión o empalme. Deben ser de igual tamaño y quedar dispuestas simétricamente respecto a los ejes de los maderos que se unen.

- La placa metálica no se debe deformar al ser instalada, no se acepta uso del martillo, sino de una prensa que haga penetrar completa y simultáneamente los dientes en la madera, para que el eje del diente sea hincado perpendicularmente a la superficie de la madera y quede completamente embebido.

- Que la madera ubicada bajo la placa metálica dentada no presente aristas faltantes (canto muerto), nudos sueltos, agujeros o uniones endentadas (finger-joint).

- Que las piezas de madera estén en estado seco (H < 20%). Para el caso de Pino radiata el porcentaje es de 12%.

- Los maderos que se unen en un elemento constructivo deben tener el mismo espesor, aceptándose una tolerancia igual o menor que 1 mm en el sector de la unión.

- Que el espesor de las piezas que se unen sea igual o mayor que el doble de la penetración del diente.

- Que exista un estrecho contacto de las superficies comunes entre las piezas individuales que se unen. Las uniones y empalmes de compresión deben asegurar el traspaso de las fuerzas sólo por medio del contacto directo entre las piezas.

En la siguiente figura se ilustra la colocación de los conectores que unen los diferentes elementos de una cercha, en que todos los ejes de los maderos son iguales, es decir, van sobre un mismo plano.

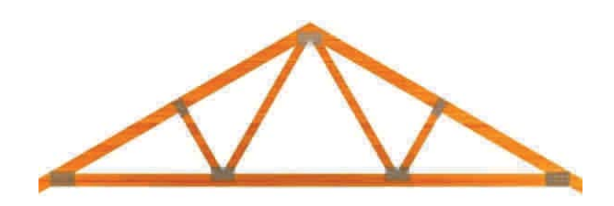


Figura 7- 37: Detalles de unión con placas que deben ir por ambos lados de la cercha.

Otras consideraciones que especifica la norma son:

1.- Las uniones con placas metálicas dentadas se pueden usar sólo en componentes constructivos que quedan solicitados predominantemente por cargas estáticas.

2.- El efecto de eventuales excentricidades en las uniones se debe considerar de acuerdo con lo especificado en subpárrafo 8.1.4.

3.- Las placas metálicas dentadas requieren para su uso de un certificado emitido por una institución oficial de ensayo de resistencia de materiales en el que consten la geometría, características del material y las diferentes capacidades exigidas por la norma.

4.- La capacidad de carga de diseño del endentado de placa de acuerdo a lo expuesto en el subpárrafo 10.10.2.

5.- La verificación del endentado de placa, que considera todos los aspectos expuestos en subpárrafo 10.10.3.

6.- Excentricidades en la unión.

7.-Verificación de la placa metálica dentada.

8.- Verificación de solicitaciones de tracción perpendicular a la dirección de la fibra en la madera.

7.2.9 Conclusiones

Dentro de la amplia gama de tecnologías de que dispone el constructor moderno resalta la de los conectores, destacándose estos por mejorar básicamente la eficiencia, seguridad y estética o terminación de la construcción con estructura en madera.

La eficiencia tiene relación con la facilidad con que un maestro capacitado es capaz de realizar su trabajo, considerando, además, que se requerirá menos cantidad de mano de obra de apoyo, pues los conectores incluyen elementos que permiten prefijarlos sin necesidad de recurrir a alguien que ayude en esta faena. Se debe pensar, por lo mismo, que esto produce un menor gasto en mano de obra y por lo tanto, economía en el proceso.

La seguridad se logra debido a que sólo basta con utilizar el conector adecuado sin necesidad de tener que corroborar el número de clavos utilizados, al no existir clavos mal puestos o doblados. Por otra parte, al tener los conectores una mayor resistencia que la madera, asegura que la estructura fallará por esta última y no por el conector, en el entendido de haber escogido el conector adecuado según la madera a utilizar y la fuerza que debe resistir la unión.

Con respecto a la estética, los acabados son más limpios y de mejor aspecto que los sistemas de unión tradicional, sobre todo si consideramos aquellos elementos que irán a la vista con conectores con algún grado de terminación. De esto último debemos acotar que los conectores metálicos permiten ser pintados con esmalte sin alterar sus características y por el contrario, aumenta su resistencia a la intemperie. También se pueden encontrar conectores de color negro simulando el hierro fundido.

Cabe señalar que el costo inicial de utilizar conectores puede ser alto, pues se requiere personal capacitado con la finalidad de sacar todo el provecho a este sistema, por lo que se debe pensar primero en un cambio en la mentalidad del constructor y del trabajador que los instalará, así como en su capacitación en esta nueva tecnología.

7.3 OTRAS UNIONES

En la actualidad, existe una variedad de uniones que permiten conformar elementos de mayor largo y/o escuadrías, como son las vigas compuestas, productos relacionados con madera laminada y tableros de distintos tipos, utilizando adhesivos y/o procesos combinados. Entre los objetivos de estas uniones está el de alargar elementos.

Los sistemas utilizados para alargar elementos son dos, y dependen del tipo de esfuerzo a que se verá sometida la pieza:

7.3.1 Uniones mediante finger-joint o multidedo:
Se basan en realizar un dentado y contradentado a la madera, aumentando al máximo la superficie de encolado de la unión, y por tanto, la resistencia de ésta.

La tecnología finger-joint se basa en que la unión de las partes se realiza mediante la zona lateral de los dedos, por lo que siempre debe quedar un mínimo espacio en la testa de los dedos.

Su principal desventaja es la maquinaria especial que se requiere para realizar la unión, tanto en lo que se refiere a fresas, como a la prensa de unión. Además, el espacio que queda siempre vacío entre las puntas de los dedos requiere la incorporación de masillas, previo al acabado.

Como ventaja destaca su especial resistencia, por lo que se recomienda utilizarlo en las piezas requeridas a grandes esfuerzos de compresión.

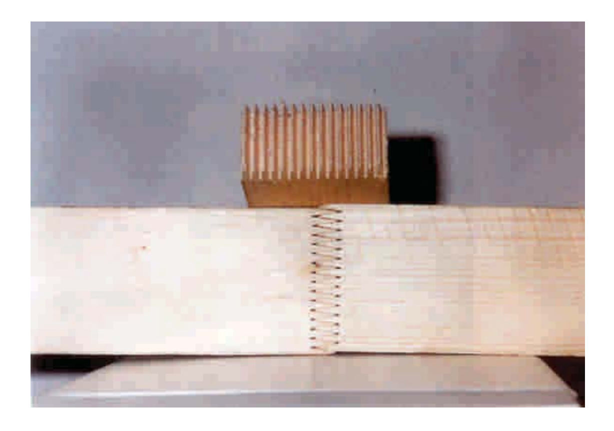


Figura 7-38: Uniones mediante finger-joint.

7.3.2 Uniones mediante pernos llamadas también falsas espigas:

Consisten en realizar a ambas piezas de madera una perforación, para luego incorporar a ese taladro un perno de madera.

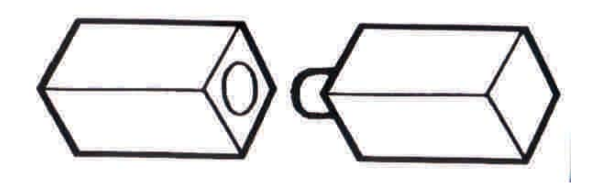


Figura 7- 39: Empalme por perno de madera.

La tecnología de esta unión se basa en que el perno de madera que se utiliza está más seco de lo normal, por lo que se le añade pegamento (que incorpora agua), que le hace hincharse cuando el perno ya se encuentra en el interior de la madera.

Su desventaja es que este tipo de ensamble es de baja resistencia, sobre todo al esfuerzo de tracción, por lo que no se recomienda su uso cuando se requieran grandes esfuerzos.

Su principal ventaja es la mecanización (con un taladro por ejemplo), y la precisión que con ello se consigue.

BIBLIOGRAFIA

- American Plywood Association, "Wood Reference Handbook", Canadian Wood Council, Canadá, 1986.

- American Plywood Association, "Madera Contrachapada de EE.UU. para pisos, murallas y techos", Canadá, 1982.

- American Plywood Association, "Construcción para resistir huracanes y terremotos", Chile, 1984.

- Branz, "House Building Guide", Nueva Zelanda, 1998.

- Canada Mortgage and Housing Corporation, CMHC, "Manual de Construcción de Viviendas con Armadura de Madera – Canadá", Publicado por CMHC, Canadá, 1998.

- Centro Madera Arauco, "Ingeniería y Construcción en Madera", Santiago, Chile, 2002.

- D.F.L. N° 458 y D.S N° 47 Ley y Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU)

- Espinoza, M; Mancinelli, C, "Evaluación, Diseño y Montaje de Entramados Prefabricados Industrializados para la Construcción de Viviendas", INFOR, Concepción, Chile, 2000.

- Goring, L.J; Fioc, LCG, "First-Fixing Carpentry Manual", Longman Group Limited, Inglaterra, 1983.

- Guzmán, E; "Curso Elemental de Edificación", 2° Edición, Publicación de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, Santiago, Chile, 1990.

- Jiménez, F; Vignote, S, "Tecnología de la Madera", 2° Edición, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría General Técnica Centro de Publicaciones, Madrid, España, 2000.

- Lewis, G; Vogt, F, "Carpentry", 3° Edición, Delmar Thomson Learning, Inc., Nueva York, EE.UU., 2001.

- Millar, J; "Casas de Madera", 1° Edición, Editorial Blume, Barcelona, España, 1998.

- Neufert, E; "Arte de Proyectar en Arquitectura", 14° Edición, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.

- Pérez, V, "Manual de Construcción en Madera", 2° Edición, Instituto Forestal – Corporación de Fomento de la Producción, Santiago, Chile, Noviembre 1991.

- Primiano, J, "Curso Práctico de Edificación con Madera", Editorial Construcciones Sudamericanas, Buenos Aires, Argentina, 1998.

- Simpson Strong-Tie Company, Inc., "Catálogo de Conectores Metálicos Estructurales", 2002.

- Spence, W; "Residencial Framing", Sterling Publishing Company, Inc., Nueva York, EE.UU., 1993.

- Stungo, N; "Arquitectura en Madera", Editorial Naturart S.A Blume, Barcelona, España, 1999.

- Thallon, R; "Graphic Guide to Frame Construction Details for Builder and Designers", The Taunton Press, Canadá, 1991.

- Villasuso, B; "La Madera en la Arquitectura", Editorial El Ateneo Pedro García S.A, Buenos Aires, Argentina, 1997.

- Wagner, J, "House Framing", Creative Homeowner, Nueva Jersey, EE.UU., 1998.

- www.inn.cl (Instituto Nacional de Normalización).

- NCh 173 Of.74 Madera – Terminología General.

- NCh 174 Of.85 Maderas – Unidades empleadas, dimensiones nominales, tolerancias y especificaciones.

- NCh 176/1 Of. 1984 Madera – Parte 1: Determinación de humedad.

- NCh 176/2 Of1986Mod.1988 Madera – Parte 2: Determinación de la densidad.

- NCh 178 Of.79 Madera aserrada de pino insigne clasificación por aspecto.

- NCh 992 E Of.72 Madera - Defectos a considerar en la clasificación, terminología y métodos de medición.

- NCh 993 Of.72 Madera- Procedimiento y criterios de evaluación para clasificación.

- NCh 1198.Of.91 Madera – Construcciones en Madera – Cálculo.

- NCh 1207 Of.90 Pino Radiata - Clasificación visual para uso estructural - Especificaciones de los grados de calidad.

- NCh 1970/2 Of.88 Maderas Parte 2: Especies coníferas – Clasificación visual para uso estructural- Especificaciones de los grados de calidad.

- NCh 1989. Of.86 Madera – Agrupamiento de especies madereras según su resistencia. Procedimiento.

- NCh 1990 Of.86 Madera – Tensiones admisibles para madera estructural.


CORPORACION CHILENA DE LA MADERA
CORMA
CHILE PAIS FORESTAL

Unidad 8

FUNDACION





Unidad 8

UNIDAD 8

FUNDACION



8.1. INTRODUCCIÓN

Toda edificación requiere bajo el nivel natural del suelo, una base de sustentación permanente encargada de recibir diferentes esfuerzos y transmitirlos al suelo. A esta base de sustentación se le denomina fundación.

El tipo de esfuerzo relevante a que se somete el suelo es el de compresión, producto del peso propio de la fundación, muros, entrepisos y techumbre, más las sobrecargas de uso y las accidentales de diversas magnitudes y en distintas direcciones, como por ejemplo sobrecargas accidentales por sismo, nieve o vientos, y esfuerzos normales no uniformes transmitidos a la fundación en estado de presiones no uniformes.

Por otra parte, la fundación aísla la edificación del terreno, resguardándola tanto de humedad como del ataque de termitas y de otros insectos, factores gravitantes en la pérdida de resistencia de una estructura en madera.

Es así que para diseñar y dar solución a la fundación adecuada, se deben considerar:

- **Condiciones de carga**
- **Características del suelo**
- **Restricciones constructivas de la obra**

La importancia fundamental de que una solución de fundación sea adecuada, reside en que es la parte de la obra con menos probabilidad de ser reparada o reforzada, en caso de falla futura.

8.2 PRESENCIA DE AGUA EN EL TERRENO DE FUNDACIÓN

Recordando lo que se expuso en la **Unidad 3**, la presencia de agua en el terreno de fundación afecta en lo siguiente:

a) Capacidad de soporte del suelo

Dependiendo del tipo de suelo (arcillas, arenas, gravillas, etc.), el agua afecta sus propiedades en diferentes formas. Por ejemplo: en suelos con predominio de arenas arcillosas, la humedad actúa como agente aglutinante, aumentando la adherencia y volumen de suelo. En ese caso es aconsejable considerar zanjas de drenaje o drenes cortando el flujo de agua, y así evitar la presencia de ésta para que no se produzca la variación de volumen.

b) Diseño de la fundación

Si la vivienda está emplazada en un terreno con presencia de agua superficial, en zona lluviosa y con pendiente pronunciada, el agua puede socavar el suelo circundante a las fundaciones, lo que hace necesario protegerlas construyendo zanjas para desviar las aguas.

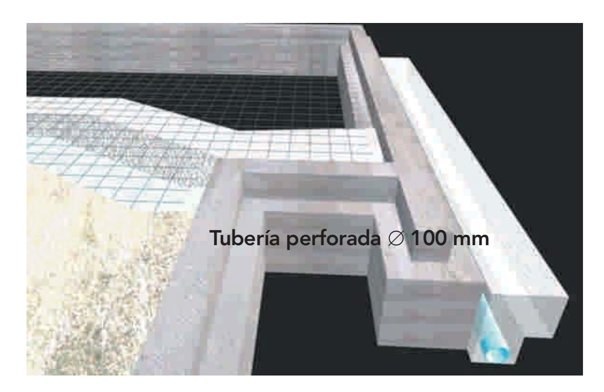


Figura 8 - 1: Instalación de tubo de drenaje en el fondo de zanja que permite evacuar el agua al punto mas bajo, inmerso en un relleno de suelo granular.

También será necesario el empleo de drenes y sellos para evitar el acceso de agua por capilaridad.

En el caso particular de la construcción en madera, se debe considerar siempre la impregnación de toda pieza que se encuentre en contacto con el hormigón.

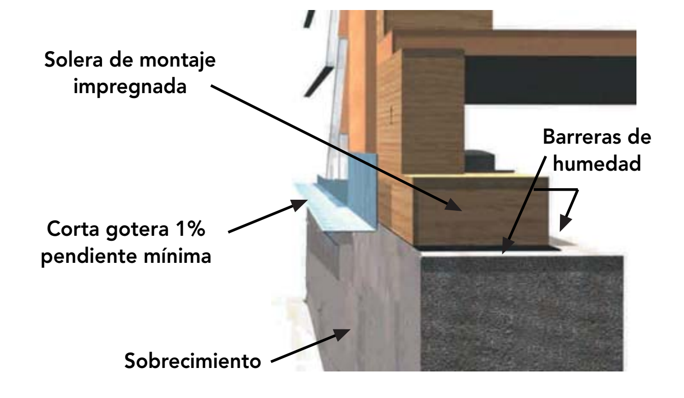


Figura 8 - 2 : Solera de montaje impregnada con 8 kg/m^3 de retención, anclada al sobrecimiento, protegida del contacto di-recto del hormigón con una barrera de humedad (doble fieltro asfáltico).

c) Materialización de la fundación
Cuando el sello de fundación se encuentra bajo el nivel de la napa, las condiciones y métodos para la ejecución de la fundación cambian ostensiblemente, repercutiendo fuertemente en los costos.

8.3 FALLAS EN LAS FUNDACIONES

La falla más común que se presenta en las fundaciones es el asentamiento, o sea, un descenso ocasionado por variadas razones:

- Calidad del suelo
- Deficiente compactación del terraplén
- Vibraciones recepcionadas por el terreno que producen reubicación de los estratos finos
- Peso de la estructura

Este descenso se puede presentar en forma uniforme (igual para todos los puntos de la fundación) o diferenciada (distintos descensos en puntos de la fundación), según sean las condiciones del terreno o por las razones anteriormente enunciadas. Esto último tiene su explicación por:

- Existencia de estratos de suelos con diferentes espesores
- Diferencia en la capacidad de soporte
- Compactación inadecuada del terreno
- Transmisión de presiones de cargas no uniformes a la fundación

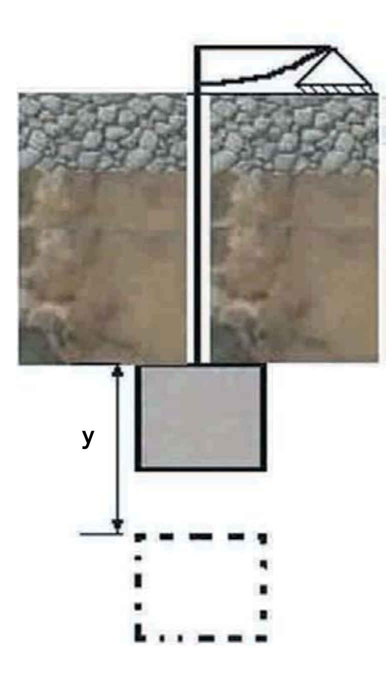


Figura 8 - 3 : Falla de la fundación por descenso.

Otras fallas menos comunes se pueden presentar en las fundaciones. Estas son:

- Vuelco de la fundación en torno a algún punto de giro, debido a mala distribución de la carga y/o estrato de suelo de diferente espesor y capacidad de soporte, y/o momentos volcantes no equilibrados.

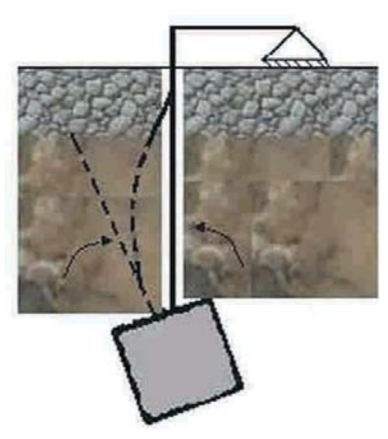


Figura 8 - 4 : Falla de la fundación por volcamiento.

- Traslado de fundación en forma normal al descenso, situación que se presenta en aquellas estructuras donde los esfuerzos horizontales son preferenciales y la fricción en el terreno es insuficiente, debido al esfuerzo vertical que transmite la fundación al terreno de apoyo.

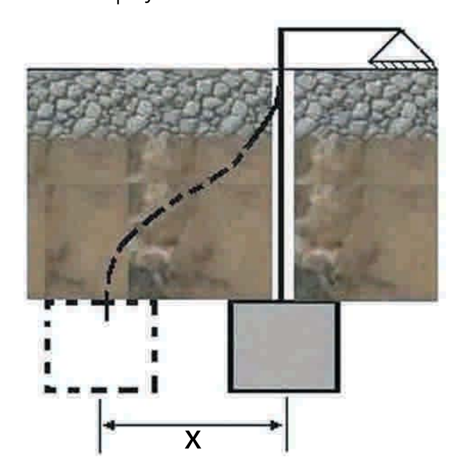


Figura 8 - 5 : Falla de la fundación por traslado.

Según haya sido el diseño de fundación, en el caso de construcciones en madera, se podrán presentar los efectos de falla en la vivienda con ventanas o puertas atascadas, fisuras o grietas en revestimientos rígidos (morteros,enchape de arcillas) o pavimentos rígidos.



UNIDAD 8
FUNDACION

Se puede concluir que el diseño de fundaciones consiste en limitar las deformaciones posibles del suelo a valores que no produzcan efectos perjudiciales a la estructura, para que no se presenten descensos en ningún punto de la fundación y evitar efectos en la vivienda.

8.4 CLASIFICACIÓN DE FUNDACIONES

Las fundaciones se pueden clasificar, entre otras, según el tipo de terreno sobre el cual se materializará la estructura:

8.4.1. Fundación superficial:
Es aquella apoyada en estratos superficiales del terreno, siempre que tengan espesor y capacidad suficiente de soporte para absorber los esfuerzos que le son transmitidos, considerando como se expuso anteriormente, que de producirse asentamientos, estos sean admisibles para la vivienda que se materializa en dicho terreno. Esta fundación generalmente se materializa mediante zapatas y/o cimientos.

8.4.2. Fundación profunda:
Es aquella que, dada la mala calidad o insuficiente capacidad de soporte del terreno superficial, debe profundizarse, ya sea para alcanzar los estratos que sí tienen la capacidad de soporte requerida (fundación soportante) o que por el roce entre la superficie lateral de la fundación y el terreno se soporte la estructura (fundación de fricción). Esta fundación se materializa por medio de pilotes cilíndricos o prismáticos de madera, hormigón o metal, que sirven de fundación hincados en el suelo.

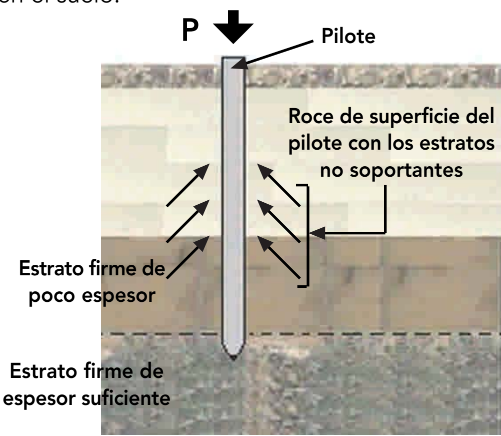


Figura 8 - 6 : Fundación de pilotes.

8.5 SOLUCIONES DE FUNDACIONES MÁS UTILIZADAS EN VIVIENDAS CON ESTRUCTURA DE MADERA DE UNO Y DOS PISOS

Una de las características sobresalientes del sistema constructivo de estas viviendas es el bajo peso de su estructura, comparado con los sistemas constructivos tradicionales (albañilería armada o reforzada y de hormigón), por lo que los esfuerzos transmitidos al suelo son bastante menores. Esto facilita utilizar **"fundaciones superficiales"**, ya que los estratos superficiales son capaces de soportar las cargas de la estructura.

Por esta razón, los tipos de fundaciones superficiales más utilizados en las viviendas con estructura de madera son **la fundación continua y la fundación aislada**.

8.5.1. Fundación continua

8.5.1.1. Elementos que conforman la fundación continua

Sobrecimientos: paralelepípedo de hormigón en masa o bloque de hormigón que puede requerir refuerzos de barras de acero según cálculo. Se ubica sobre el cimiento y tiene un ancho igual o menor a éste e igual o mayor al del muro. Recepciona, ancla, aísla de la humedad y agentes bióticos a los tabiques estructurales perimetrales (muros), o tabiques soportantes interiores, siendo el nexo entre estos y los cimientos.

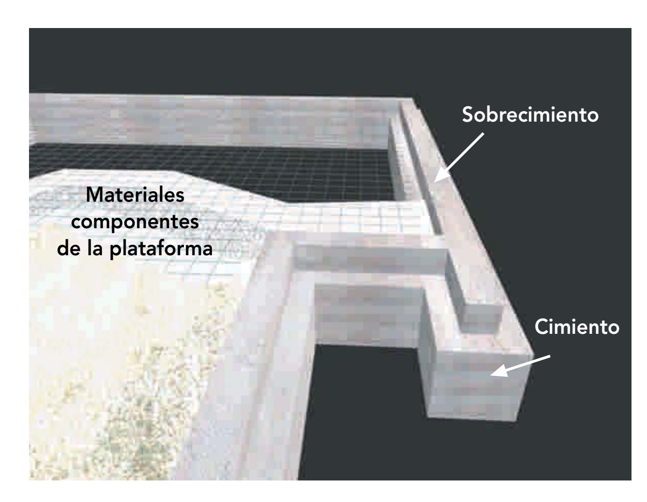


Figura 8 - 7 : Típica solución de fundación continua en plataforma de hormigón, con buena calidad de suelo. Solución ideal de fundación superficial para vivienda estructurada en madera.

- **Cimientos:** Paralelepípedo formado por la excavación de dos planos paralelos y separados por un ancho y altura según cálculo, que recibe las cargas de la vivienda y las transmite al suelo de fundación. Estos elementos estructurales de hormigón en algunos casos incorporan material de bolón (piedras de canto rodado de aproximadamente 10 a 15 cm de diámetro), cuyo porcentaje aceptable, según sea el caso, fluctúa entre 20% a 30%.

Zapatas: elementos estructurales de hormigón, ubicados bajo el cimiento y que son requeridos cuando la capacidad de carga del terreno no es suficiente para soportar la presión que ejercen los cimientos sobre él. Evitan tener que ensanchar todo el cimiento para lograr distribuir las tensiones en el terreno y tener la capacidad soportante necesaria.

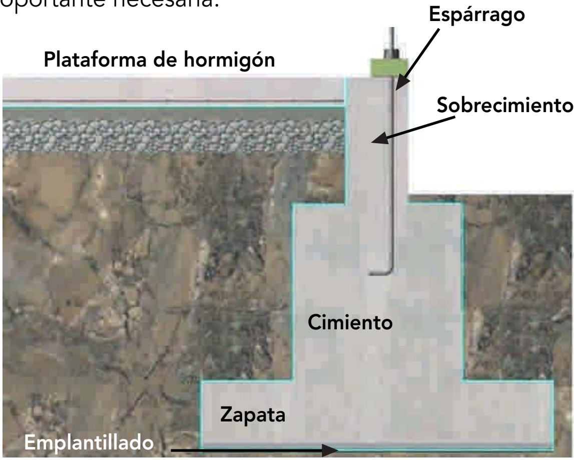


Figura 8 – 8 : Composición de las partes típicas de la fundación superficial, confinada a la plataforma de hormigón, que conforma el piso de la vivienda.

Emplantillado: capa de hormigón pobre, espesor entre 5 a 10 cm, cuya finalidad es nivelar el fondo de la excavación, entregando una superficie plana y limpia para la colocación del hormigón del cimiento.

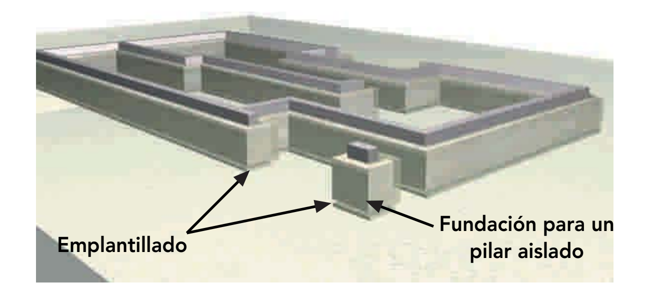


Figura 8 - 9 : Solución de fundación continua con emplantillado de 8 cm de hormigón pobre.

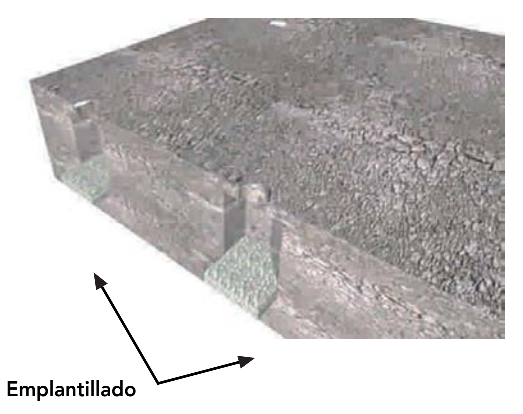


Figura 8 - 10 : Emplantillado típico de 10 cm bajo el pilote de madera impregnado, rollizo de 9" a 10", solución de fundación aislada.

8.5.2. Fundación aislada

Fundación que puede ser materializada mediante pilotes de hormigón armado o pilotes de madera. Normalmente se adopta esta solución en terrenos que tienen pendientes mayores al 10% en el sentido del eje mayor de la planta, por lo que es difícil realizar movimientos de tierra (difícil acceso de maquinaria, terrenos rocosos y duros) y en los que existe presencia de agua o gran humedad del terreno.

8.5.2.1. Fundación aislada de pilotes de hormigón

El sistema consiste en cimientos aislados de hormigón en masa, a los que se les incorpora una armadura de acero en barras, cuya función es anclarlos a una viga de fundación de hormigón armado que desempeña la función de un sobrecimiento armado.

En general, la armadura del pilote y de la viga de fundación, están conformadas por barras de fierro A44-28H.

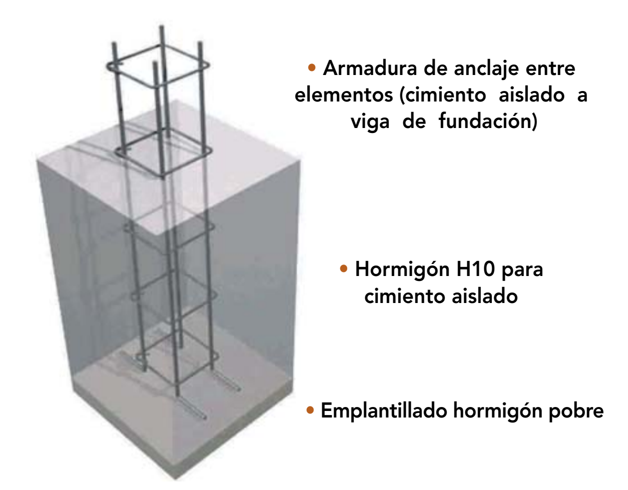


Figura 8 - 11: Pilote de hormigón de sección rectangular, la profundidad del sello de fundación, armaduras y especificaciones, deben ser corroboradas por cálculo estructural.

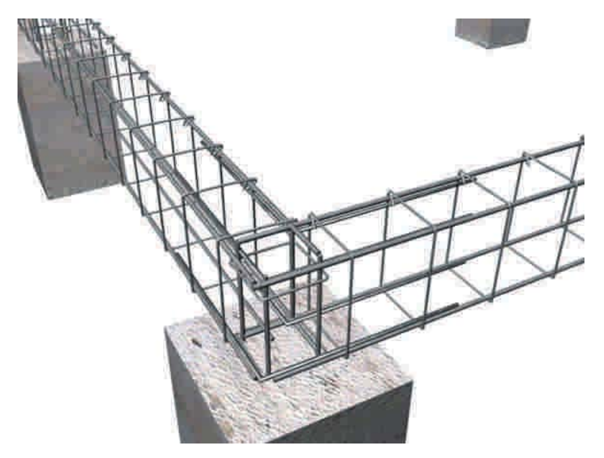


Figura 8 - 12 : Encuentro de esquina de la viga de fundación, donde los fierros del pilote de hormigón pasan a formar parte de la enfierradura de la viga.

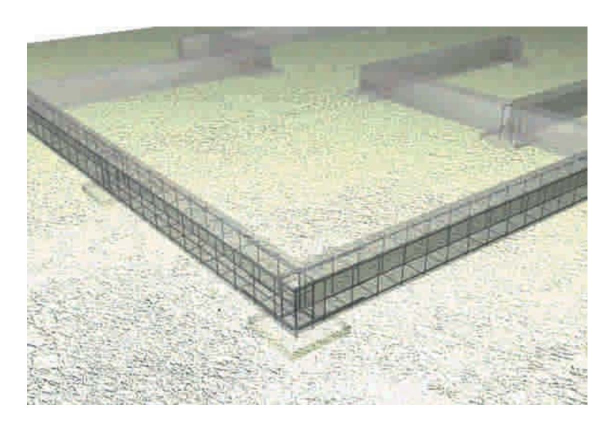


Figura 8 - 13: Viga de fundación que amarra los pilotes de hormigón y recepciona el muro perimetral de la vivienda.

8.5.2.2. Fundación aislada con pilotes de madera

Dada su facilidad, rapidez de ejecución y economía, este sistema de fundación es el más adecuado para viviendas de madera de uno y dos pisos.

Al diseño del cimiento aislado de hormigón en masa se le incorpora un rollizo de 8" a 10" de diámetro (pilote impregnado con 9 Kg/m3 de óxidos activos de CCA) los cuales son unidos mediante las vigas principales de especificaciones, secciones y características estructurales según cálculo, donde se materializa la plataforma de madera que conforma el piso de la vivienda.

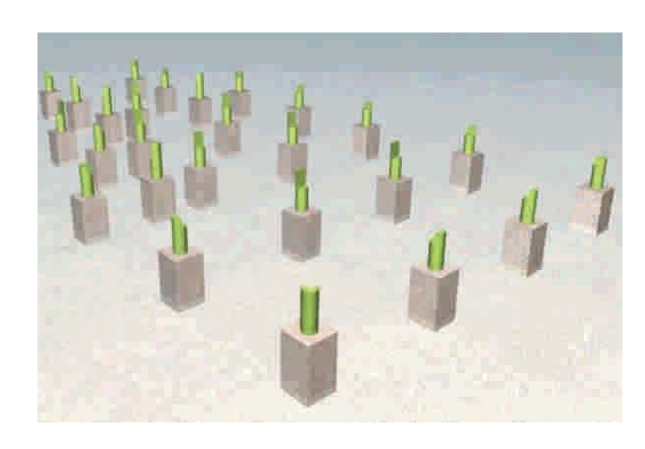


Figura 8 - 14 : Distribución de pilotes de madera impregnados e incorporados a los cimientos de hormigón, que transmiten las cargas al terreno.

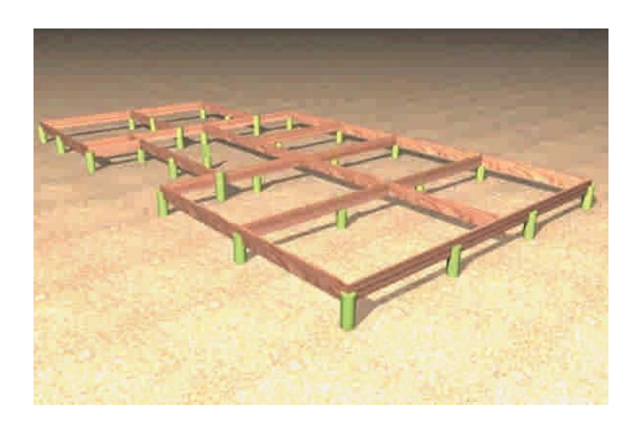


Figura 8 - 15: Vigas friso (viga perimetral) y vigas principales (vigas interiores) que unen las cabezas de los pilotes y transfieren las diferentes cargas de la estructura de la vivienda a la fundación aislada.

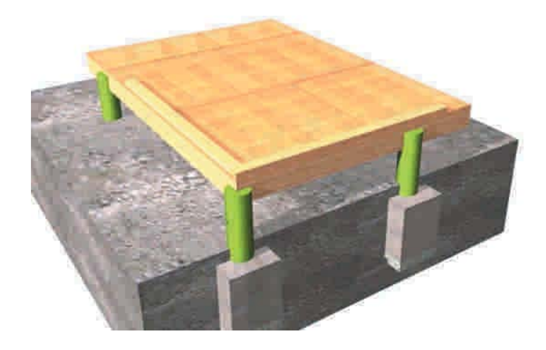


Figura 8 - 16: Plataforma de madera que se construye sobre la estructura de la fundación aislada, conformando el primer piso de la vivienda.

Las fundaciones antes expuestas son las soluciones más utilizadas para las viviendas de uno y dos pisos.

8.6. ASPECTOS A CONSIDERAR PARA EL DISEÑO DE LAS FUNDACIONES SEGÚN LA ORDENANZA GENERAL DE URBANISMO Y CONSTRUCCIONES

- Los cimientos tendrán la superficie necesaria para que la presión máxima sobre el terreno no exceda del valor admisible según la norma oficial correspondiente y a falta de ésta, de acuerdo con la calidad del terreno.

  Los cimientos deberán descansar, en general, sobre superficies horizontales.

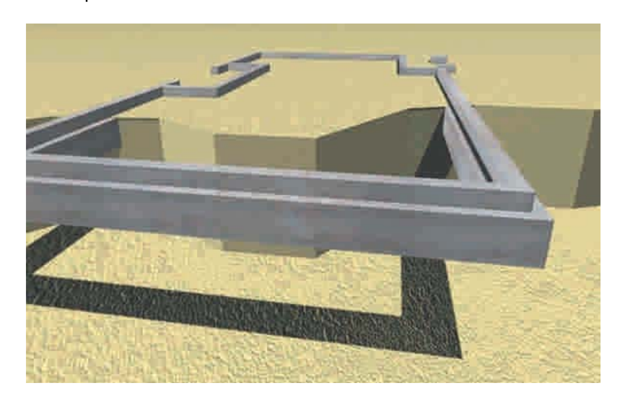


Figura 8 - 17: Vista de un corte del terreno efectuado bajo el cimiento. Altura mínima del cimiento 60 cm.

- En fundaciones con zapatas a distintas profundidades, el ángulo que forma la línea que une los bordes contiguos de zapatas adyacentes con la horizontal, en terrenos aluviales no será mayor que el talud natural y no más de 45°.

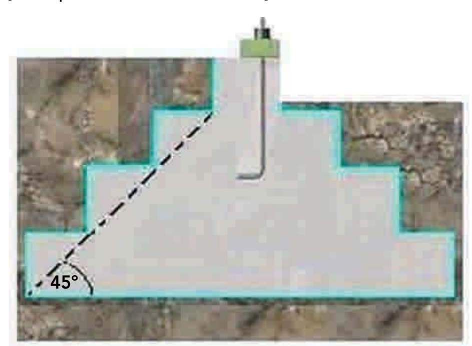


Figura 8 - 18 : Caso de fundación en terrenos aluviales.

- Los escalonamientos individuales de zapatas continuas a lo largo de un muro en terrenos no conglomerados no excederán de 0,45 m de altura, y la pendiente de una serie de ellos no será mayor que el natural del terreno, con un máximo de 30 grados.

- Las dimensiones de los cimientos se proyectarán de tal manera que, cualquier asentamiento que pueda producirse, sea lo más uniforme posible para la estructura.

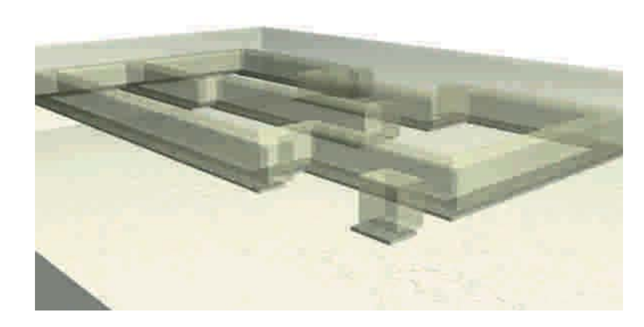


Figura 8 - 19 : El sello de excavación debe situarse en un estrato no removido y ripioso, capaz de soportar las tasas previstas.

- Si el lecho de fundación está formado por terreno compresible o suelos de diferente compresibilidad, el efecto de los diversos asentamientos deberá considerarse en el proyecto de fundación y de la estructura.

- La excavación para cimientos, excepto en roca, se profundizará hasta un nivel en que se obtenga una protección segura contra los efectos del agua superficial y las heladas.

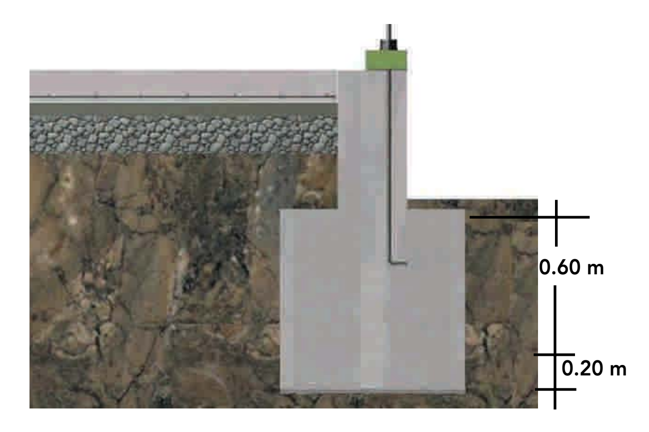


Figura 8 - 20: Profundidad mínima del cimiento con penetración mínima.

  La profundidad mínima de los cimientos de hormigón o de albañilería será de 0,60 m, debiendo penetrar estos, a lo menos 0,20 m en las capas no removidas del terreno, siempre que éste sea capaz de soportar las tasas previstas.

- Bajo la responsabilidad del profesional competente, autor del proyecto estructural, se admitirán profundidades menores u otra solución técnicamente adecuada, situación de la cual deberá quedar constancia en el Libro de Obras, a falta de indicación al respecto en el citado proyecto.

- Ningún cimiento podrá tener un espesor menor al del muro que soporte, incluso sus salientes estructurales.

- El espesor mínimo de los cimientos de hormigón será de 0,20m y el de los de albañilería, 0,30m.

- Las zarpas de cimientos de hormigón sin armar o de mampostería se proyectarán con un ancho no mayor a la mitad de su altura.

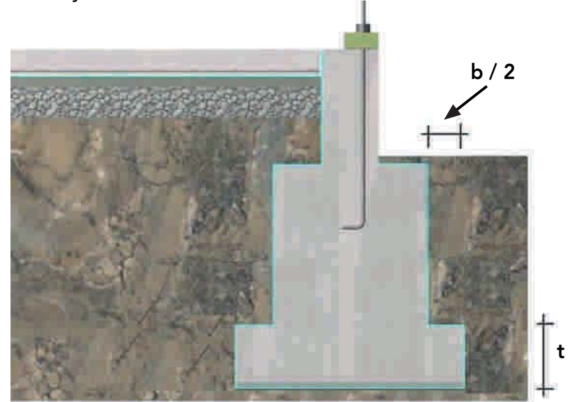


Figura 8 – 21 : Ancho máximo de la zarpa sin armar.

- Se permite que las zarpas de fundación sobresalgan del plano vertical de la línea oficial. En tal caso, el nivel superior de las zarpas deberá quedar a una profundidad mínima de 1 m bajo el nivel de la acera de la calle y su ancho no será superior a la quinta parte de dicha profundidad.

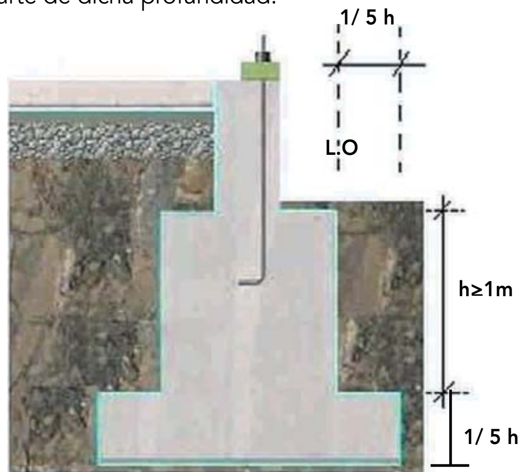


Figura 8 - 22: Situación de fundación con zapata que sobresale de la línea oficial (L.O = línea oficial).

- Bajo la responsabilidad del profesional competente, autor del proyecto estructural, se podrá permitir zar-pas de fundación que no cumplan con la disposición anterior, situación de la que deberá quedar constancia en el Libro de Obras, a falta de indicación al respecto en el citado proyecto.

- La dosificación mínima del hormigón simple en cimiento será de 170 Kgs de cemento por m3 de hormigón elaborado, sin contar el material desplazador que pueda emplearse.

- No se hará soportar a los terrenos de fundación presiones superiores a las que se indican, siempre que se trate de cimientos continuos:

Naturaleza del terreno	Presiones admisibles (kg/cm^2)
1. Roca dura, roca primitiva	20 a 25
2. Roca blanda (toba, arenisca, caliza, etc.)	8 a 10
3. Tosca o arenisca arcillosa	5 a 8
4. Grava conglomerada dura	5 a 7
5. Grava suelta o poco conglomerada	3 a 4
6. Arena de grano grueso	1,5 a 2
7. Arcilla compacta o arcilla con arena seca	1 a 1.5
8. Arena de grano fino, según su grado de capacidad	0.5 a 1
9. Arcilla húmeda	0.5
10. Fango o arcilla empapada	0

Tabla 8 – 1: Presión admisible según terreno.

- Las presiones indicadas podrán modificarse si se demuestra experimentalmente que la resistencia del terreno lo justifica.

- Las presiones admisibles se disminuirán en un 20%, cuando se trate de fundación de machones, pilares, columnas o apoyos aislados, salvo que se justifique experimentalmente o por el cálculo, que no es necesario reducirlas.

- Las presiones admisibles autorizadas presuponen que el espesor de la capa de terreno en que se apoya la fundación es suficiente para repartirlas sobre capas inferiores.

- Si la hipótesis no se cumpliera, el proyectista propondrá la solución técnica que corresponda adoptar, en consideración a las circunstancias locales.

- Las presiones máximas admisibles podrán aumentarse hasta en un 20%, en el caso de considerarse conjuntamente, y en su posición más desfavorable, las cargas verticales, la acción del viento y las fuerzas sísmicas, sin que puedan adoptarse dimensiones inferiores a las requeridas por las cargas estáticas actuando solas.

- Los cimientos deberán estar provistos de una cadena longitudinal de hormigón armado, si la tensión imponible del terreno de fundación es inferior a 2 kg/cm2. La sección mínima de la

armadura será la siguiente para el número de pisos que se indica:



Figura 8 - 23: Sobrecimiento al que se le incorporó armadura de fierro según cálculo. Terreno de fundación es inferior a 2 kg/cm2.

Edificio N° de pisos	Armadura sección mínima
1 piso 2 pisos	2,8cm^2 5.0 cm^2

Tabla 8 – 2: Armadura mínima según N° de pisos.

- Cuando el cimiento sea del tipo de pilares sueltos, se dispondrán amarras horizontales de hormigón armado que aseguren la trabazón de aquellos.

  Estas amarras vincularán todas las partes de la fundación en dos direcciones aproximadamente normales. Cada amarra de hormigón armado será capaz de transmitir por tracción y compresión, al menos el 10% de la carga vertical total soportada por el más solicitado de los apoyos vinculados.

- En terrenos húmedos o en los que existan aguas subterráneas a poca profundidad, se dispondrán capas aislantes a prueba de capilaridad o se construirán drenes, si la Dirección de Obras Municipales lo estimase necesario, para impedir que la humedad ascienda por los muros de los edificios o que el agua subterránea socave las fundaciones.

  No se permitirá construir edificios que se apoyen en suelos movedizos, de tierra vegetal o pantanosos, que no hayan previsto las soluciones de ingeniería necesarias.

- Bajo responsabilidad del profesional competente, autor del proyecto estructural, se podrá aceptar también, la formación de un suelo artificial o la consolidación del existente, si se justifica debidamente la solución propuesta para las condiciones locales correspondientes, situación de la que deberá quedar constancia en el Libro de Obras, a falta de indicación al respecto en el citado proyecto.

- Bajo responsabilidad del profesional competente, autor del proyecto estructural, se podrán aceptar fun daciones de edificios en terrenos formados por rellenos artificiales, situación de la que deberá quedar constancia en el Libro de Obras, a falta de indicación al respecto en el citado proyecto.

- Si el terreno de fundación está formado por capas de material suelto de poco espesor sobre superficies irregulares de rocas o conglomerados, será necesario excavar aquellas y establecer la fundación sobre terreno firme, tomando las debidas precauciones contra posibles empujes del material suelto sobre los cimientos, por efecto sísmico.

  Si el terreno de fundación está constituido por capas delgadas de material suelto sobre una superficie compacta inclinada, la excavación deberá profundizarse hasta el terreno compacto del fondo y fundarse en él por secciones horizontales. Dichas fundaciones deberán calcularse para resistir además de los esfuerzos propios de su condición, los empujes de tierras producidos por un posible deslizamiento del relleno.

- El relleno de las excavaciones practicadas fuera de las líneas de edificación, después de terminados los cimientos, se efectuará con material adecuado para tal efecto indicado por el profesionalcompetente en el respectivo Libro de Obras.

- Cuando se ejecuten construcciones que no cuenten con proyecto de estructuras en los términos previstos en la Ordenanza, la Dirección de Obras Municipales podrá exigir un reconocimiento del suelo para determinar el tipo de fundación, la profundidad más conveniente y la carga unitaria admisible, en todos aquellos casos en que se desconozcan las condiciones geológicas e hidrológicas del subsuelo. Estos reconocimientos serán de cuenta exclusiva del propietario.

- En edificios fundados sobre pilotes, la capacidad soportante de estos podrá determinarse por un ensayo de carga o calcularse por una fórmula empírica o por las normas técnicas respectivas.

- La capacidad soportante del pilotaje se determinará por ensayos de carga:

  1.- Cuando el tipo de suelo o de pilotaje sea tal, que las fórmulas empíricas sean inaceptables.

  2.- Cuando la carga admisible considerada en el proyecto exceda la determinada por las fórmulas aceptadas.

  3.- Cuando los resultados de la clavadura sean de dudoso valor, debido a las características del suelo o al tipo de martinete empleado.

  La transmisión de las cargas a los pilotes se realizará por medio de un cabezal u otra disposición adecuada. En el caso del hormigón armado, los pilotes deben quedar empotrados por lo menos 0,30 m en el cabezal.

  Los pilotes se deben disponer de tal manera que la resultante de las cargas coincida con la resultante de las reacciones, suponiendo que aquellos absorben uniformemente las cargas consideradas.

  Los esfuerzos sísmicos horizontales deberán considerarse especialmente en los pilotajes, recomendando el empleo de pilotes inclinados.

- En caso de emplearse pilotes de madera, ésta deberá ser de clase y calidad aceptada por las normas oficiales (ASTM 625 o ANSI 06.1), y los pilotes deberán quedar permanentemente bajo agua.

- La Dirección de Obras Municipales podrá aceptar otros procedimientos de fundación no especificados, justificados por el proyectista si las características del terreno lo aconsejan.

8.7 ASPECTOS CONSTRUCTIVOS GENERALES A CONSIDERAR EN LA MATERIALIZACIÓN DE LAS FUNDACIONES

8.7.1 Fundación continua

Este sistema de fundaciones requiere una secuencia de construcción tradicional prácticamente igual a la utilizada en viviendas o edificios de hormigón o albañilería.

Su ejecución, en general, considera la siguiente secuencia:

- Materialización de un cerco de Pino radiata perimetral distanciado a 1,50 m de los ejes definitivos que conforman la planta de la vivienda.

- Este cerco debe estar conformado por estacones de 3"x 3", de altura aproximada 1,50 m, alineados y distantes unos de otros por 1,60 m y enterrados en el suelo natural a 0,50 m como mínimo.

- A 0,50 m aproximadamente del suelo, sobre el estacón ubicado en el punto más alto del terreno, se transfiere marca con la ayuda de un nivel de manguera o topográfico a cada uno de los estacones.

- En las marcas niveladas se clavan las tablas de 1"x 5", de largo de 3,2 m, que unirán los estacones formando un plano horizontal. Sobre el cerco conformado por tablas horizontales se marcan los ejes de los muros (tabiques soportantes), los que por cálculo deben contar con fundación, según especifique el plano de planta de fundaciones de la vivienda.

- Replanteo de los ejes y ancho de excavación de las fundaciones.

  Las excavaciones deben cumplir con los requerimientos de paralelismo y ortogonalidad entre sus paredes, cuidando de retirar todo material suelto o contaminante desde el fondo de la excavación.

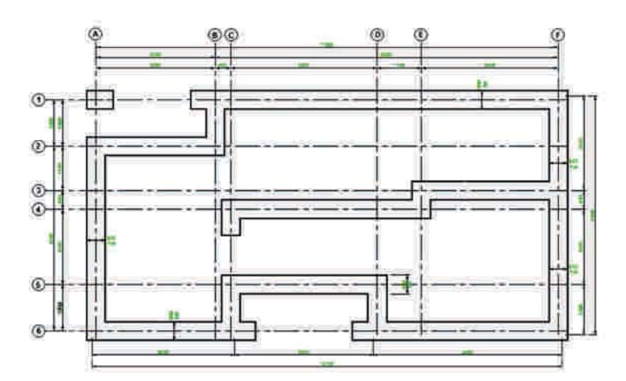


Figura 8 - 24: Plano de excavaciones de la vivienda prototipo.

Verificadas las condiciones geométricas de la excavación, se recomienda colocar un polietileno (e = 0,5 mm) para ayudar a evitar el ingreso de humedad a la fundación, con el futuro riesgo de que ésta llegue a la estructura de la vivienda.

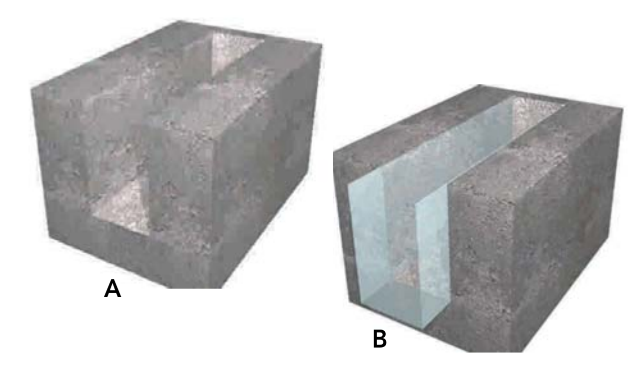


Figura 8 - 25: En la figura A la excavación ha sido controlada geométricamente y en la B se ha dispuesto polietileno de e = 0,5 mm en las paredes de la excavación.

- Dependiendo del volumen requerido y de sus propiedades mecánicas, el hormigón de fundaciones puede ser confeccionado en obra por medios mecanizados simples (betonera eléctrica o bencinera), o bien, ser trasladado a obra por medio de camiones premezcladores desde una planta proveedora.

- Según lo establezca el diseño estructural, el cimiento continuo puede considerar la incorporación de bolón desplazador en volúmenes que van desde el 20 al 30%. En caso de ser así especificado y previo acopio al costado de las excavaciones, los bolones limpios y humedecidos deben ser dispuestos en capas uniformes, cuidando dejar cada unidad completamente embebida y en contacto con el hormigón.



Figura 8 - 26: Cimiento hormigonado de acuerdo a las indicaciones, incorpora un hidrófugo.

- Al término del hormigonado en capas no superiores a 20 cm y estando la última en estado fresco, es conveniente dejar incorporados espárragos de acero de 8 a 10 mm, para anclar la masa de hormigón de éste último con la del sobrecimiento. Estos espárragos deben ser hincados en un largo mínimo de 15 cm (con gancho de 10 cm excluido) en el cimiento, y otros 15 cm, al hormigonar el sobrecimiento.

- Estos espárragos de anclaje deben disponerse a lo largo del cimiento distante 120 cm máximo uno de otro y en cada encuentro ortogonal de la fundación.

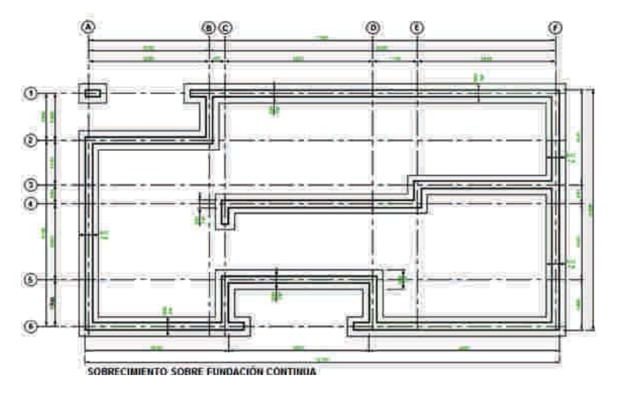


Figura 8 - 27 : Plano de fundación de vivienda prototipo y corte de la solución tipo.

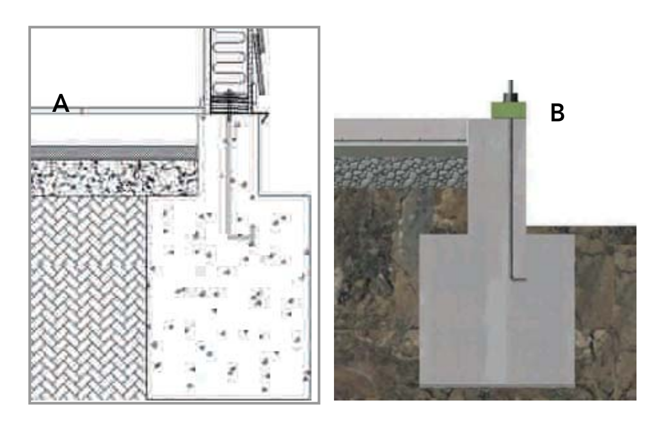


*Figura 8 - 28: Figura **A**, representación técnica del corte de la fundación tipo, figura **B**, un corte de la fundación en terreno.*

- El sobrecimiento de hormigón en masa (en algunos casos de hormigón armado) de dimensiones mínimas 20 x 20 cm, se ejecuta una vez endurecido el hormigón de fundaciones, no sin antes haber colocado y rectificado los moldajes para el hormigón y las armaduras (si se trata de sobrecimientos armados).

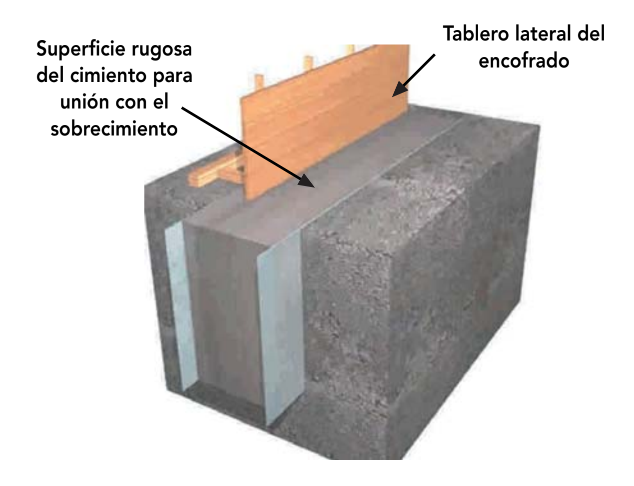


Figura 8-29: Instalación inicial del encofrado para la materialización del sobrecimiento.

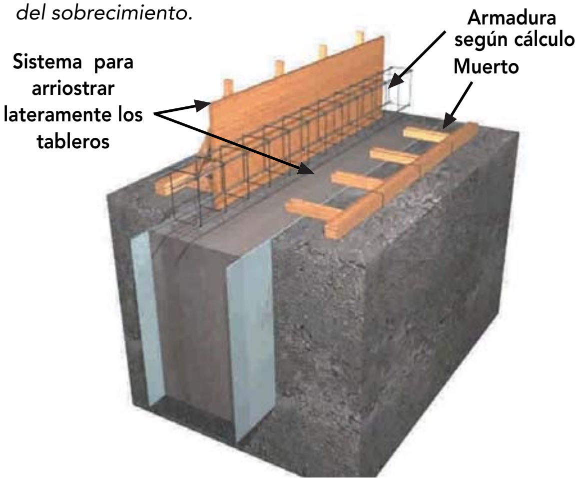


Figura 8 - 30: Instalación de la armadura para el sobrecimiento, en caso que el cálculo así lo indique.



Figura 8 - 31: Control geométrico de la instalación del encofrado del sobrecimiento.

- El sobrecimiento debe presentar en su punto más desfavorable (cota más alta del emplazamiento de la vivienda), 20 cm a la vista por sobre el nivel de suelo natural.

- La colocación de moldajes o encofrados para hormigón requiere un especial cuidado cuando se trata de construcciones en madera, con elementos prefabricados en planta, ya que cualquier variación dimensional de la plataforma de hormigón, descuadre de ejes de construcción y hormigonado irregular y disparejo de la superficie, provocará serios problemas durante el montaje de los tabiques tanto interiores como perimetrales.



Figura 8 - 32 : Fundación continua con sobrecimiento de hormigón armado.

- **Es recomendable que los moldajes de sobrecimiento cumplan con dos condiciones:**

- Los moldajes de la cara externa de la plataforma completa deben cumplir irrestrictamente con las dimensiones de borde perimetral (anchos y largos) de la plataforma de hormigón indicadas en los planos, ya que de ello depende en gran medida, un exacto y correcto montaje de tabiques perimetrales e interiores de la vivienda.

- El borde superior de los encofrados debe servir de guía para establecer un plano horizontal en los sobrecimientos, para el correcto montaje de tabiques estructurales, tanto perimetrales, como interiores si los hubiere.

- Como alternativa para materializar el sobrecimiento en suelos de buena calidad, se puede utilizar bloques de hormigón prefabricados, los cuales según cálculo, requerirán de armaduras dispuestas en forma vertical y horizontal.

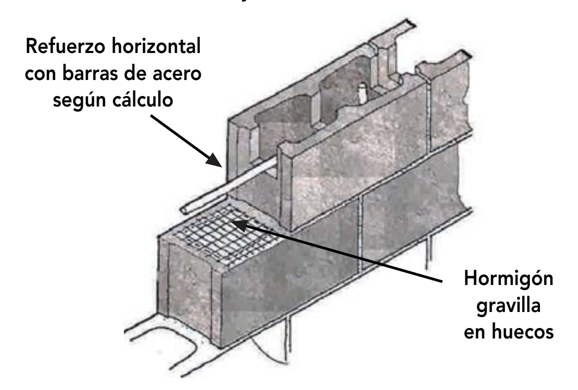


Figura 8- 33 : La instalación de los bloques de hormigón como sobrecimiento debe ceñirse a las especificaciones de cálculo e indicaciones del fabricante.

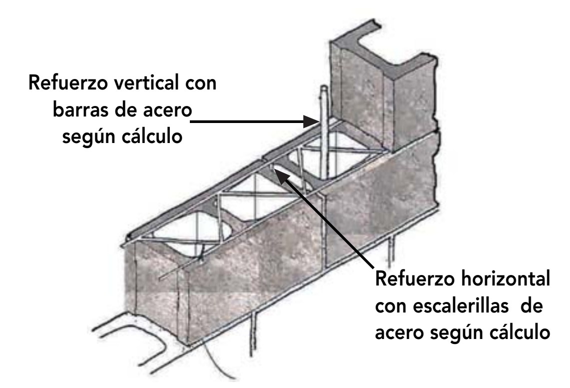


Figura 8 - 34 : De mucha importancia resulta proteger los bloques de hormigón en sus paramentos exteriores de la humedad por capilaridad, adquirida por contacto con el terreno o por lluvia directa.

- Si se tiene especificado como solución de anclaje, espárragos para los tabiques soportantes perimetrales, es recomendable que estos queden incorporados desde el cuarto inferior del sobrecimiento (75% de su altura) como mínimo, al momento de hormigonado. Estos espárragos son de acero, en barras A44-28H de diámetro no inferior a 10 mm o barras con hilo en su parte superior. En general, se deben instalar 3 espárragos por pieza de 3,2 m de largo o por sobresolera de montaje, uno a 10 cm en cada extremo de la pieza y un tercer espárrago en el medio.

8.7.2 Fundación aislada de hormigón

- Este sistema también requiere una secuencia tradicional de ejecución, sin embargo, su principal diferencia respecto al anterior, es la disminución de volúmenes de hormigón, un sustancial aumento de enfierraduras y un mayor grado de resistencia de los hormigones.

Su ejecución en general considera la siguiente secuencia:

- Cerco de iguales características al anteriormente expuesto para el replanteo de las fundaciones.

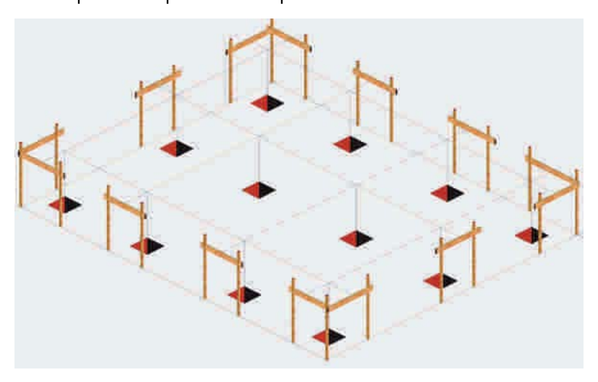


Figura 8 - 35: Cerco perimetral que permite replantear cada eje de los cimientos aislados según plano de fundaciones.

- Las dimensiones normales de las excavaciones de unidades individuales de cimiento aislado son de 40 x 40 cm de base y 80 cm de profundidad mínima, cota que depende de donde se encuentre el estrato firme del suelo.

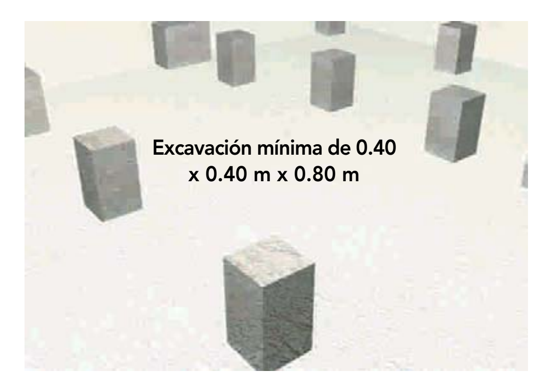


Figura 8 - 36: Corte realizado a nivel del emplantillado que muestra las excavaciones que se deben realizar para los cimientos.

- Paralelismo y ortogonalidad entre las paredes de las excavaciones.

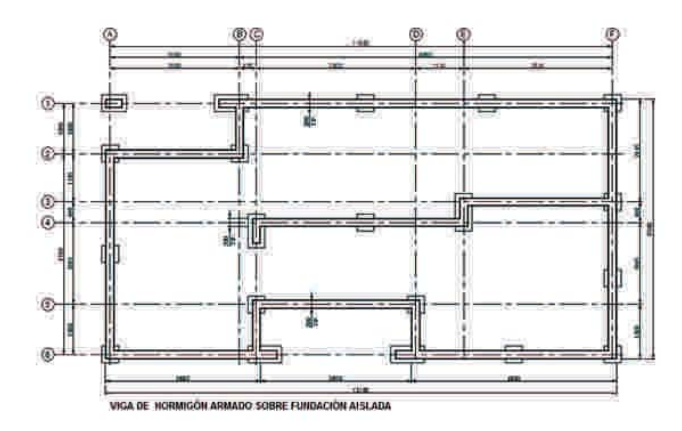


Figura 8 - 37 : Plano de fundación aislada con viga de hormigón armado, donde se especifican los ejes que es necesario replantear para los cimientos aislados.

- Fondo de cada excavación (sello de fundación) se nivela con emplantillado de hormigón de 170 Kg cm/m3), de 6 a 8 cm de espesor. Emplantillado necesario para el trazado, replanteo y colocación de la armadura de hormigón que llegará hasta la viga de fundación.

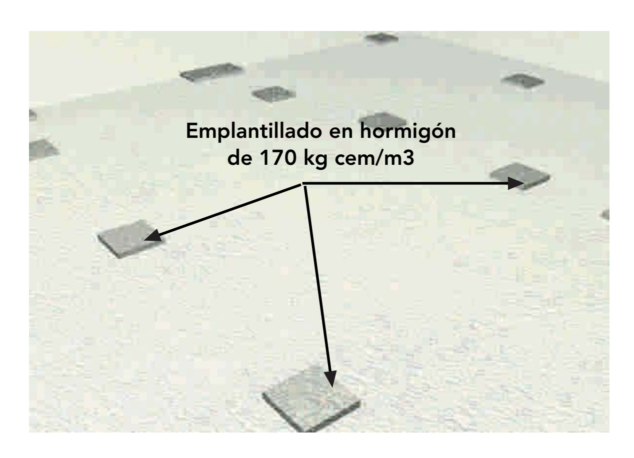


Figura 8 - 38: Vista del corte ejecutado a nivel del emplantillado de la fundación aislada de hormigón.

- La fundación aislada requiere de hormigón en masa, de dosificación mínima H10 y, en ningún caso, se acepta incorporar bolón desplazador.

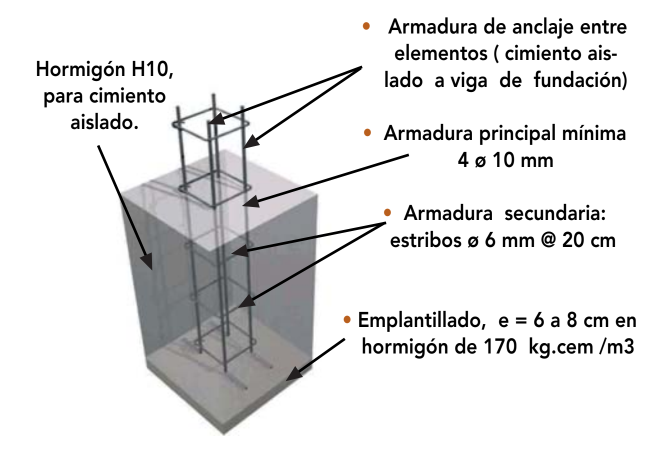
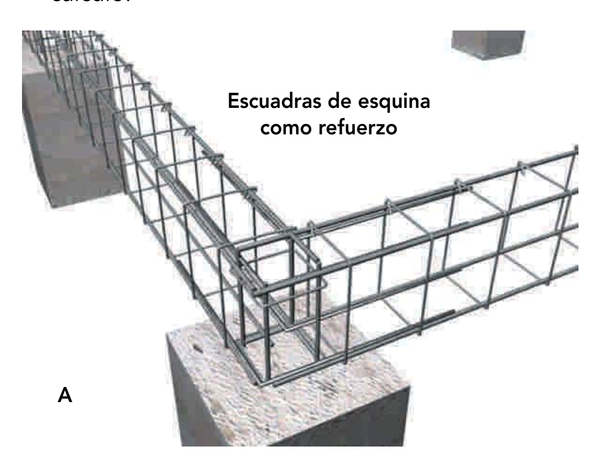


Figura 8 - 39 : Armadura de los cimientos de hormigón.

- A cada cimiento aislado se le ha incorporado la armadura compuesta por 4 barras de acero A44-28H, de diámetro mínimo 10 mm y estribos ø 6 a 20 cm, según cálculo.

- Se debe tener especial cuidado en la colocación del moldaje, armaduras y hormigonado de las vigas, ya que la falta de control de estas actividades puede resultar en un desfase de la o las vigas, con respecto a los ejes definidos por proyecto, y cuando se proceda al anclaje de los tabiques soportantes, puede repercutir en la solución preestablecida, en el área estructural y arquitectónica.

- Las armaduras de vigas de fundación en el encuentro ortogonal normalmente consultan refuerzos con 4 barras de acero de 8 ó 10 mm, haciendo una escuadra de lado 50 cm (2 arriba y 2 abajo), según cálculo.



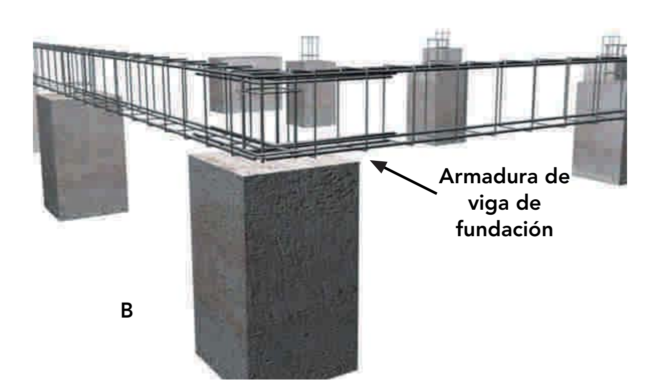


Figura 8 - 40: Vistas (A y B) de la unión entre la armadura del cimiento y la armadura de la viga de fundación y refuerzo de esquina.

- Las dimensiones de la sección transversal de la viga, para el ejemplo son de 20 x 20 cm, con armadura mínima compuesta por 4 barras de acero A44 - 28H de ø 12 mm, estribos en barras de acero liso ø 6 mm cada 20 cm y hormigón H20, con aditivo hidrófugo. Todo lo anterior corroborado por el cálculo.

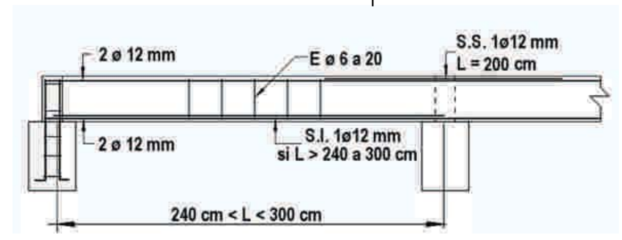


Figura 8 - 41: Plano detalle de la armadura de la viga de fundación.

- En general, cuando la distancia entre apoyos (cimiento aislado) sea entre 2,40 m y 3,00 m en vivienda de dos pisos, es necesario incluir suples de diámetro de 12 mm, de igual longitud (240 a 300 cm), en la zona central inferior de la viga; y un suple superior de largo de 200 cm repartido en la zona central en el eje de cada apoyo lateral (momento negativo en el punto de apoyo de la viga con la fundación aislada), como se especifica en el plano de la **Figura 8 – 41.**

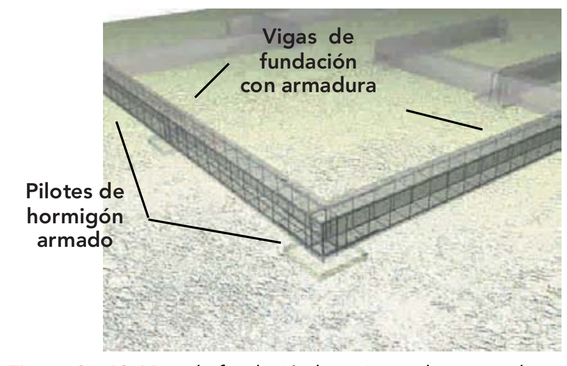


Figura 8 - 42: Viga de fundación hormigonada con suples correspondientes.

- Desde el cuarto inferior de la viga de fundación (75% de su altura), al momento del hormigonado, se deben incorporar espárragos de acero (A44 - 28H) de diámetro no inferior a 10 mm o barras con hilo en su parte superior, cuya función será la de anclar la estructura de los tabiques a las vigas de fundación.

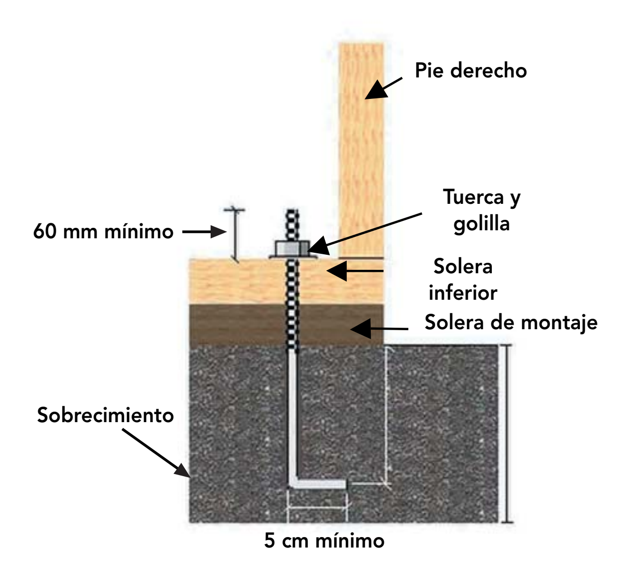


Figura 8 - 43 : Detalle de la barra de acero hilado que ancla la estructura del tabique soportante al sobrecimiento o viga de fundación

- La viga de fundación debe presentar 20 cm a la vista por sobre el nivel de suelo natural en su punto más desfavorable (cota más alta del emplazamiento de la vivienda).

8.7.3 Fundación aislada con pilotes de madera

Las actividades de replanteo y excavación de los cimientos se realizan con la misma metodología utilizada en la fundación aislada de cimientos de hormigón.

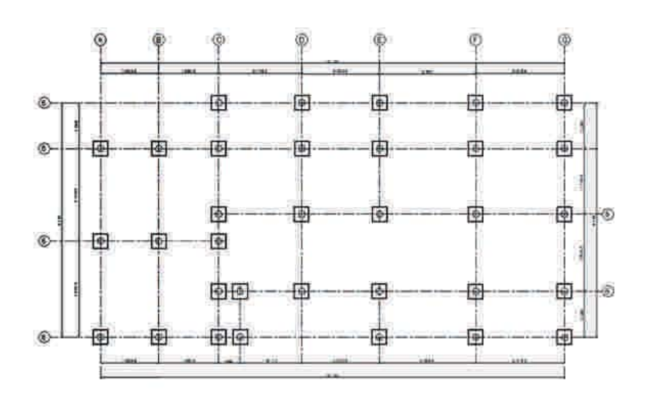


Figura 8 - 44 : Plano de fundación aislada con pilotes de rollizos de madera de diámetro de 8" a 10", disposición de los cimientos según los ejes respectivos.

Los aspectos constructivos diferentes se presentan con la colocación del emplantillado en el fondo de la excavación, una cama de ripio de espesor de 8 a 10 cm que permite aislar el pilote de madera impregnado de la humedad del suelo.

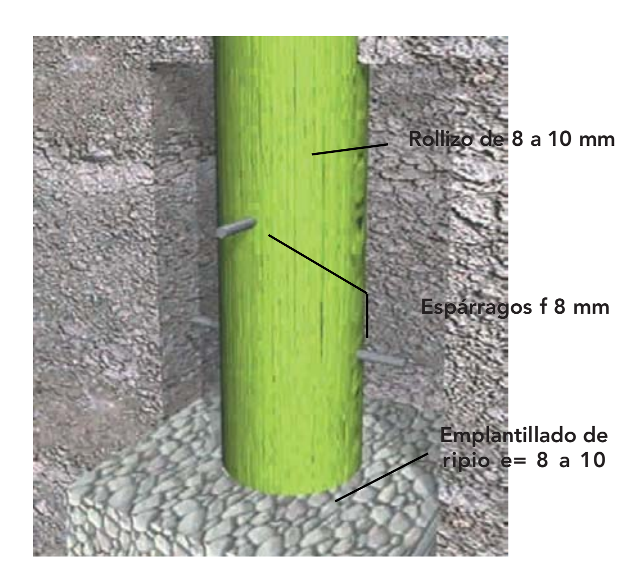


Figura 8 - 45 : Emplantillado de ripio para los pilotes de madera impregnados, espárragos para la adherencia con el hormigón.

- Previo al hormigonado del pilote, éste se debe arriostrar y quedar en posición vertical y centrado, controlando sus cotas según proyecto. Al pilote se le introduce al menos 4 espárragos de fierro de ϕ 8mm, largo 25 cm (dependiendo del diámetro del rollizo), para una mejor adherencia con el hormigón de cimiento.

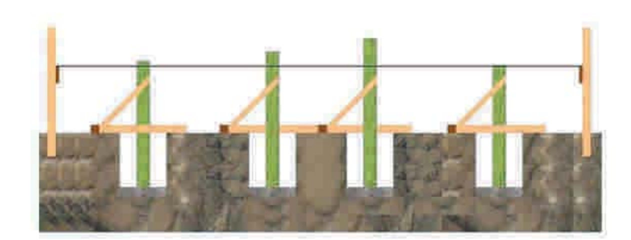


Figura 8 - 46: Control geométrico de los pilotes, planimetría y altimetría según plano. Arriostramiento de pilotes para cuidar la verticalidad durante el hormigonado del cimiento.

- Arriostrados y controlados geométricamente con instrumento topográfico, se proceden a hormigonar los cimientos de los pilotes.

- Fraguado el hormigón, se procede a nivelar y rebajar la cabeza de los pilotes, como lo muestra el plano de detalle y/o especificaciones correspondientes. Los rebajes no deben superar el 50% del diámetro del pilote, permitiendo ubicar las vigas maestras que amarran definitivamente al conjunto de pilotes, que posteriormente recibirán la plataforma de madera.

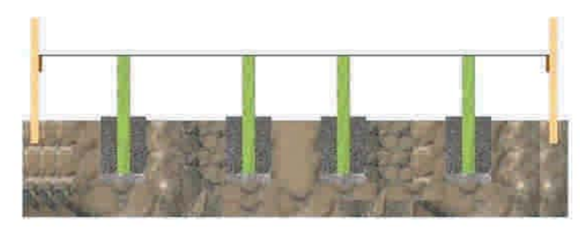


Figura 8 - 47: Hormigonado de los cimientos y nivelación de la cabeza de los pilotes.

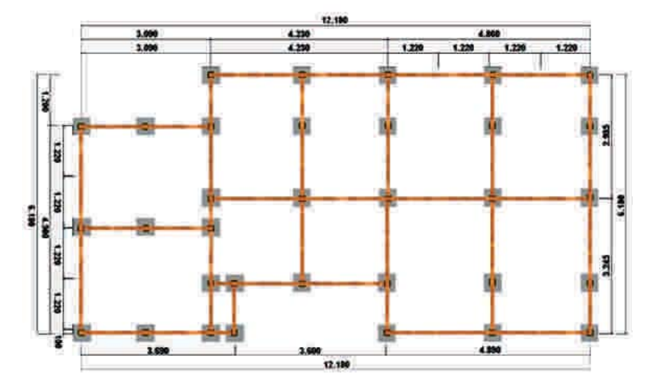


Figura 8 - 48 : Plano de vigas principales que amarran las cabezas de los pilotes, conformando el plano horizontal de la plataforma de madera.

- Definida la cota para la plataforma de madera, y según la topografía del terreno, se procede a los arriostramientos permanentes de estos, según cálculo, cuando los pilotes superan el metro de altura.

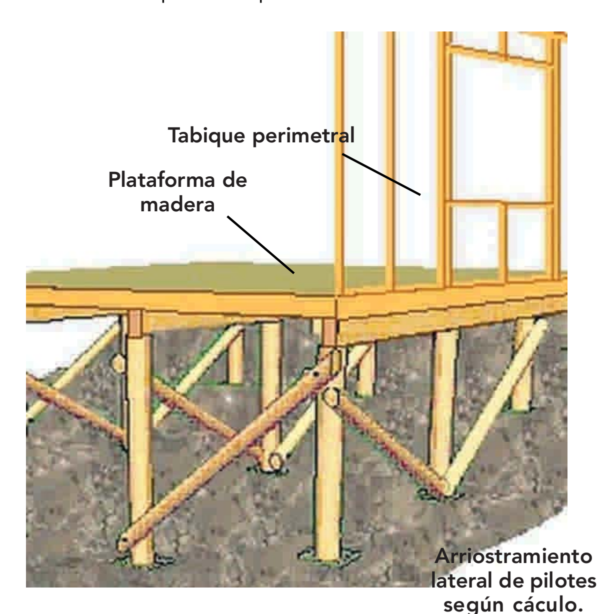


Figura 8 - 49 : Arriostramiento de pilotes según cáculo estructural.

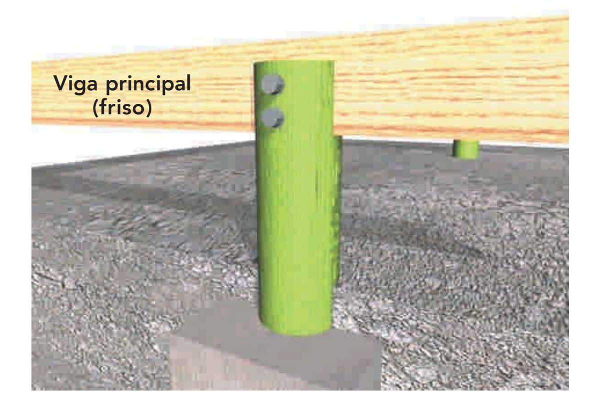


Figura 8 - 50: Fijación de la viga principal a los pilotes mediante pernos, golillas y tuercas

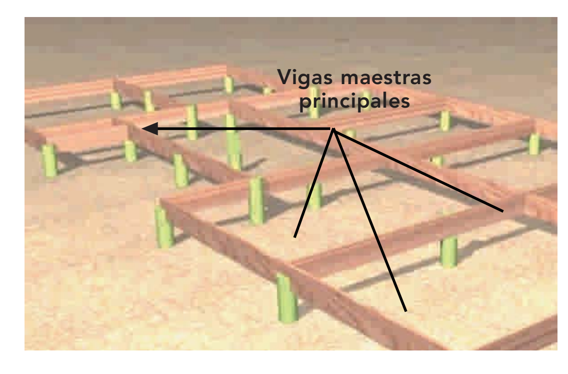


Figura 8 - 51: Fundación aislada,materializada considerando los aspectos y criterios de cálculo.

8.7.4. Plataforma de hormigón

Estructura horizontal conformada por capas de diferentes materiales (ripio, arena, hormigón) y de distintos espesores que se apoya en el terreno natural con capacidad de soporte suficiente y cuyas funciones son:

- Aislar la vivienda de los agentes externos provenientes del suelo natural (humedad, agentes bióticos).
- Recepción de cargas del peso propio de tabiques autosoportantes que conforman los recintos interiores de la vivienda.
- Cargas de uso y tránsito de los usuarios.
- Base a la solución de pavimento.

En la zona interna, entre sobrecimientos que confinan los materiales que conforman la plataforma de hormigón conocida como radier, se colocan en orden ascendente los siguientes materiales:

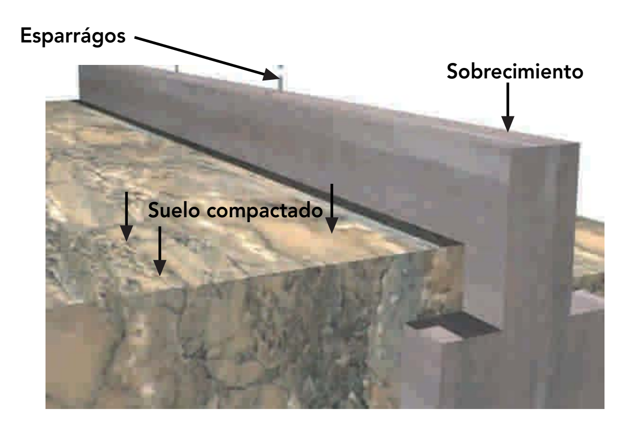


Figura 8 - 52: Rigurosa compactación del suelo, donde se apoya la plataforma de hormigón.

- Suelo compactado mecánicamente de espesor total mínimo de 20 cm, que depende de la profundidad o cota de ubicación del estrato firme para fundar.

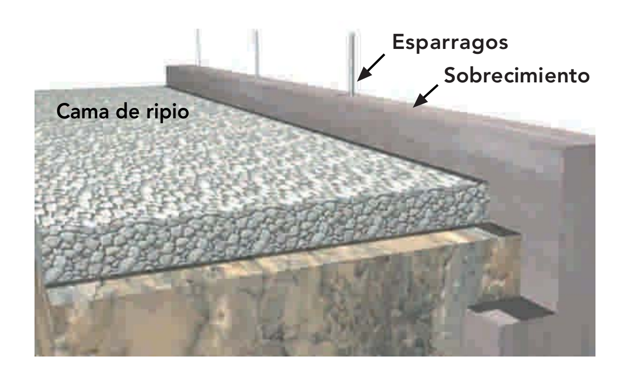


Figura 8 - 53: Colocación de la cama de ripio de espesor de 8 a 10 cm.

- Cama de ripio, chancado o de canto rodado, de granulometría nominal 2", de espesor mínimo e = 8 cm compactado mecánicamente, cuya función es evitar la ascensión de la humedad por capilaridad proveniente del suelo natural.



Figura 8 - 54: Colocación de cama de arena sobre el ripio.

- Capa de arena de 3 cm de espesor. Su finalidad es evitar la perforación de la barrera de humedad (lámina de polietileno que se coloca con posterioridad) por efecto del tránsito de personas y/o carretillas, durante las distintas faenas involucradas hasta el hormigonado del radier. Al mismo tiempo, ayuda a proteger las cañerías de las instalaciones de la vivienda.

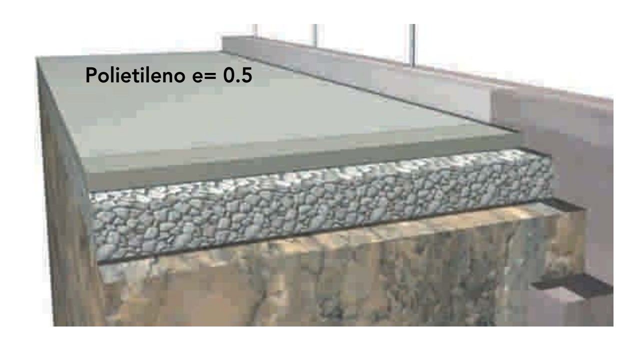


Figura 8 - 55: Instalación de la barrera de humedad, polietileno de e= 0,5 mm.

- Barrera de humedad en lámina de polietileno de e = 0,5 mm que asegura la no ascensión de humedad hacia el hormigón. En la colocación de dicha lámina, se debe tener la precaución de ejecutar todos los retornos necesarios por encima del sobrecimiento para evitar el ingreso de humedad en general a la vivienda.



Figura 8 - 56: Colocación de la malla electrosoldada sobre separadores plásticos de 2 cm sobre la barrera de humedad.

- Malla metálica electrosoldada opcional para el radier, requerida a veces para asegurar que no ocurran micro-descensos por defectos en la compactación de la base. Se debe tener especial cuidado de colocar los separadores adecuados para que la malla no quede apoyada directamente en la base. También se puede utilizar en plataformas de hormigón que recibirán tabiques estructurales y que por exigencia del tipo de solución de pavimento lo requieran.



Figura 8 - 57: Colocación del hormigón que ha sido reforzado por la malla electrosoldada de 4. 3 mm de espesor.

- Radier de hormigón de tipo H10 como mínimo. En algunos casos es conveniente incorporar al hormigón un aditivo impermeabilizante.



Figura 8- 58: Es conveniente reforzar sobre el polietileno que se instala arriba del sobrecimiento, mediante barrera de humedad bajo la solera del tabique.

Se debe asegurar que todas las instalaciones que deban incorporarse a la plataforma de hormigón sean realizadas con la antelación debida, inspeccionando el atraque del hormigón a las diferentes pasadas, para no dejar espacios que permitan la infiltración de aguas o el ingreso de insectos (termitas).

Asegurar que al instalar la sobresolera o solera inferior impregnada no haya contacto directo con el hormigón, verificando la colocación de la doble barrera de humedad (fieltro alquitranado) bajo la sobresolera o solera inferior.

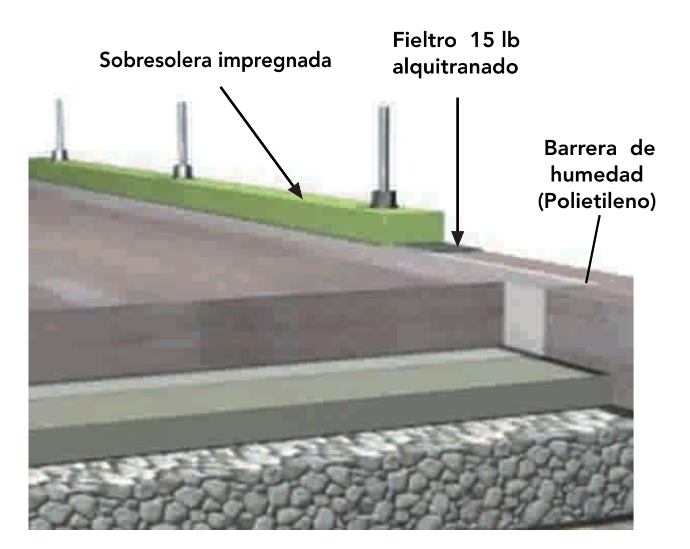


Figura 8 – 59: Instalación de la sobre solera para anclar el tabique perimetral soportante (muro), en la fundación continua con plataforma de hormigón.

BIBLIOGRAFIA

- Ambroser, J; Parker, H, "Diseño Simplificado de Estructuras de Madera", 2° Edición, Editorial Limusa S.A de C.V, México D.F, México, 2000.

- American Plywood Association, "Wood Reference Handbook", Canadian Wood Council, Canadá, 1986.

- Branz, "House Building Guide", Nueva Zelanda, 1998.

- Canada Mortgage and Housing Corporation, CMHC, "Manual de Construcción de Viviendas con Armadura de Madera – Canadá", Publicado por CMHC, Canadá, 1998.

- De Solminihac, H; Thenoux, G, "Procesos y Técnicas de Construcción", Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile, 1997.

- D.F.L. N° 458 y D.S N° 47 Ley y Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU).

- Espinoza, M; Mancinelli, C, "Evaluación, Diseño y Montaje de Entramados Prefabricados Industrializados para la Construcción de Viviendas", INFOR, Concepción, Chile, 2000.

- Goring, L.J; Fioc, LCG, "First-Fixing Carpentry Manual", Longman Group Limited, Inglaterra, 1983.

- Guzmán, E; "Curso Elemental de Edificación", 2° Edición, Publicación de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, Santiago, Chile, 1990.

- Hanono, M,; "Construcción en Madera", CIMA Producciones Gráficas y Editoriales, Río Negro, Argentina, 2001.

- Heene, A; Schmitt, H, "Tratado de Construcción", 7° Edición Ampliada, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.

- Lewis, G; Vogt, F, "Carpentry", 3° Edición, Delmar Thomson Learning, Inc., Nueva York, EE.UU., 2001.

- Neufert, E; "Arte de Proyectar en Arquitectura", 14° Edición, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.

- Primiano, J; "Curso Práctico de Edificación con Madera", Editorial Construcciones Sudamericanas, Buenos Aires, Argentina, 1998.

- Simpson Strong-Tie Company, Inc., "Catálogo de Conectores Metálicos Estructurales", 2000.

- Spence, W; "Residencial Framing", Sterling Publishing Company, Inc., Nueva York, EE.UU., 1993.

- Stungo, N; "Arquitectura en Madera", Editorial Naturart S.A Blume, Barcelona, España, 1999.

- Thallon, R; "Graphic Guide to Frame Construction Details for Builder and Designers", The Taunton Press, Canadá, 1991.

- Villasuso, B; "La Madera en la Arquitectura", Editorial El Ateneo Pedro García S.A, Buenos Aires, Argentina, 1997.

- Wagner, J; "House Framing", Creative Homeowner, Nueva Jersey, EE.UU., 1998.

- www.inn.cl (Instituto Nacional de Normalización).

- NCh 173 Of.73 Madera –Terminología general.

- NCh 174 Of.85 Maderas – Unidades empleadas, dimensiones nominales, tolerancias y especificaciones.

- NCh 176/1 Of 1984 Madera – Parte 1: Determinación de humedad.

- NCh 630Of.98 Madera – Preservación – Terminología.

- NCh 631 Of.95 Madera preservada – Extracción de muestras.

- NCh 755 Of.96 Madera – Preservación – Medición de penetración de preservantes de la madera.

- NCh 786 Of.71 Madera – Preservación – Clasificación de los preservantes.

- NCh 789/1 Of.87 Maderas – Parte 1: Clasificación de maderas comerciales por su durabilidad natural.

- NCh 790 Of.95 Madera – Preservación – Composición y requisitos de los preservantes para madera.

- NCh 819 Of. 2003 Madera preservada - Pino radiata – Clasificación y requisitos.

- NCh 969 Of.1986 Madera – Determinación de las propiedades mecánicas- Condiciones generales para los ensayos.
- NCh 1198 Of. 1991 Madera – Construcciones en madera – Cálculo.
- NCh 1970/2 Of.88 Maderas Parte 2: Especies coníferas – Clasificación visual para uso estructural - Especificaciones de los grados de calidad.
- NCh 1989 Of.86 Madera – Agrupamiento de especies madereras según su resistencia. Procedimiento.
- NCh 1990 Of.86 Madera – Tensiones admisibles para madera estructural.
- NCh 2824 Of.2003 Maderas – Pino radiata – Unidades, dimensiones y tolerancias.


CORPORACION CHILENA DE LA MADERA
CORMA
CHILE PAIS FORESTAL

Unidad 9

ENTRAMADOS HORIZONTALES





Unidad 9

UNIDAD 9

ENTRAMADOS HORIZONTALES

9.1 GENERALIDADES

Se llama entramado a la disposición de piezas estructurales de madera que se combinan en diversas posiciones formando una trama, en este caso, horizontal.

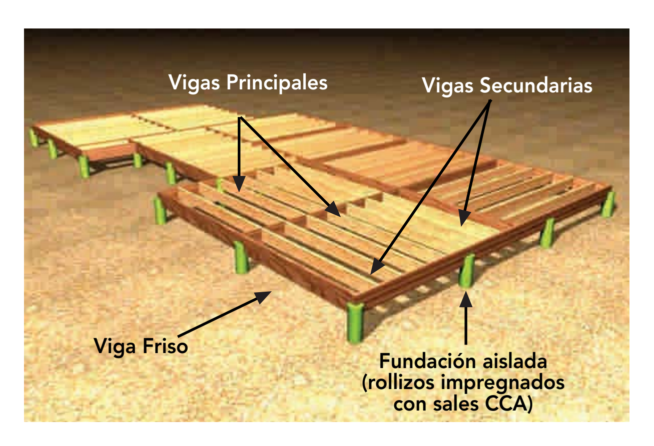


Figura 9 - 1: Ejemplo de un entramado horizontal sobre una fundación aislada, conformado por un conjunto de vigas (principales y secundarias) dispuestas en forma ortogonal.

Estas estructuras reciben las cargas conformadas por el peso propio de los materiales que lo constituyen, las sobrecargas permanentes y de uso, y los esfuerzos laterales como vientos y sismos. Todas ellas son transmitidas al terreno a través de las fundaciones continuas o aisladas o a los tabiques soportantes que las transmiten a su vez al piso inferior (plataforma de entrepiso).

Además del piso y entrepiso, otro entramado horizontal lo constituye el cielo, que recibe las cargas del peso propio de los materiales que lo conforman y su solución de revestimiento.

9.2 TIPOS DE ENTRAMADOS

Los entramados horizontales se pueden clasificar según:

- **Función**
- **Capacidad de transmisión de los esfuerzos laterales**

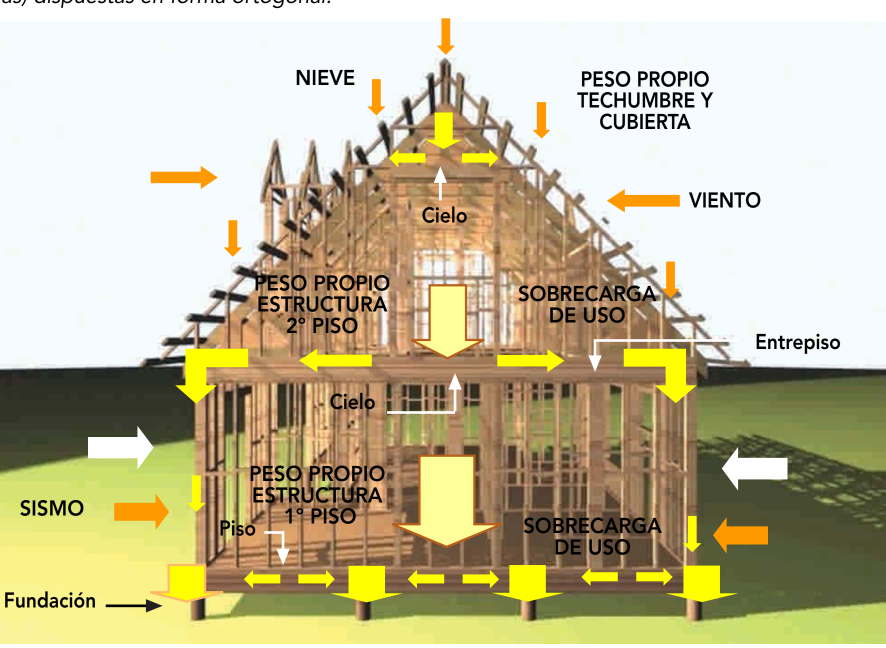


Figura 9 - 2: Los entramados horizontales absorben las cargas permanentes, variables y las fuerzas laterales transmitiéndolas a las estructuras soportantes tales como: tabiques, vigas principales, pilares y finalmente al terreno; en este caso, a través de la solución de fundaciones aisladas.

9.2.1 Según su función:

9.2.1.1 Entramados de piso:
Plataforma de madera que absorbe las cargas del peso propio y de uso (permanentes y transitorias), transmitiéndolas a la fundación (aislada o continua).

9.2.1.2 Entramado de entrepiso:
Plataforma de madera del segundo nivel que absorbe las cargas del peso propio y de uso (permanentes y transitorias), transmitiéndolas a los tabiques de paredes soportantes, vigas maestras o dinteles.

9.2.1.3 Entramado de cielo:
Estructura que absorbe las cargas de su peso propio y de la solución del cielo, transmitiéndola a los tabiques soportantes.

Cada una de estas estructuras tiene su propio diseño específico según cálculo, con las dimensiones y escuadrías correspondientes.

9.2.2 Según capacidad de transmisión:

9.2.2.1 Entramados flexibles:
Tienen la característica de adaptarse a la estructura soportante, pero no en la recepción de esfuerzos horizontales. En el caso de zonas de vientos y/o sismos, la estructura soportante vertical debe estar diseñada para resistir todas las solicitaciones estáticas y esfuerzos dinámicos, incluyendo los que aporten los entramados horizontales con sus sobrecargas.

Esta última razón, requiere una distribución acuciosa de los tabiques soportantes y resistentes a las acciones horizontales, exigiendo en la mayoría de las soluciones un aumento en el número de tabiques soportantes, con sistemas de unión flexible con los entramados horizontales, lo que limita la mayoría de las veces el proyecto de arquitectura.

9.2.2.2 Entramados semi rígidos:
El entramado está diseñado para colaborar con las demás estructuras, y conformado por una placa rígida que transmite los esfuerzos horizontales a los tabiques soportantes, pilares y columnas que conforman pórticos.

Este tipo de entramados semi-rígidos son los que se usan generalmente en las viviendas de estructuras de madera de luces menores, a diferencia del entramado rígido que se logra a través de una losa de hormigón armado.

9.3 COMPONENTES DE UN ENTRAMADO SEMI RÍGIDO

Los elementos estructurales que conforman un entramado de piso y entrepiso son:

- Vigas
- Cadenetas o crucetas
- Riostras

9.3.1 Vigas:
Elementos estructurales lineales (horizontales o inclinados), que salvan luces y que son solicitados por reacciones tales como: peso propio, sobrecargas de uso, viento, nieve y montaje, entre otros. Trabajan principalmente en flexión y corte. Un conjunto de vigas es lo que conforma básicamente la plataforma de piso o entrepiso.

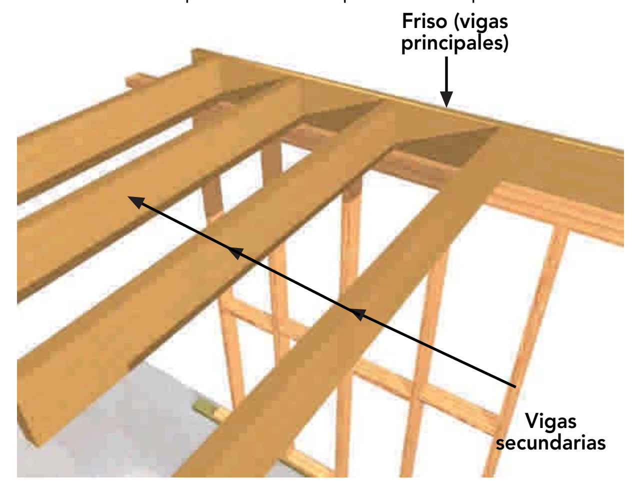


Figura 9 – 3: Piezas de Pino radiata de grado estructural (vigas), de escuadría 2" x 8" o 2" x 10", según cálculo. Vigas que conforman el entramado de entrepiso.

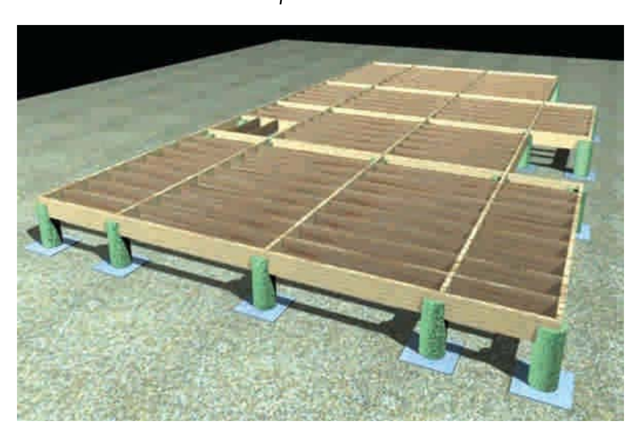


Figura 9 – 4: Vigas de Pino radiata estructural, de escuadrías según cálculo, normalmente de 2" x 8" o 2" x 10" que conforman el entramado de piso en fundación aislada sobre pilotes de madera.



UNIDAD 9
ENTRAMADOS HORIZONTALES

9.3.2 Cadenetas:
Elementos que se ubican entre las vigas, permitiendo repartir las cargas y sobrecargas. Evitan las deformaciones laterales, volcamientos y posibles alabeos de las mismas. Permiten además materializar un apoyo sólido para los tableros orientados ortogonalmente a la dirección de las vigas.

Se distinguen dos tipos de cadenetas:

a) **Cadenetas propiamente tales**
b) **Crucetas**

a) Cadenetas propiamente tales
Elementos rectos de similares secciones a las vigas, que se disponen en forma ortogonal a éstas.

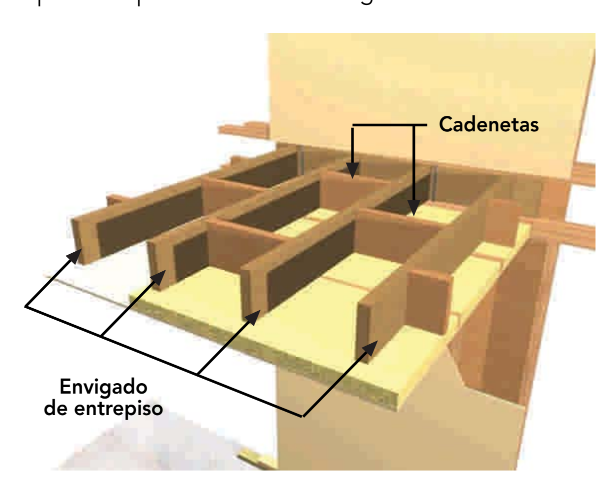


Figura 9 - 5: Piezas de madera dispuestas en forma normal, de sección similar a las vigas secundarias del entrepiso.

b) Crucetas:
Elementos rectos que se disponen en forma diagonal entre las vigas y que desempeñan la misma función de las cadenetas. Ofrecen la ventaja de mantener ventiladas las vigas y la trascara de bases y revestimientos de piso. En el caso de crucetas de madera de 2" x 3", se recomienda fijarlas inicialmente en uno solo de sus extremos, para una vez adquirida la humedad de equilibrio de las piezas de la plataforma, se proceda a fijar el otro extremo. Esta última fijación se debe efectuar antes de proceder a colocar el cielo, bajo el entrepiso o bajo la colocación de aislación térmica del piso de la plataforma del primer piso.

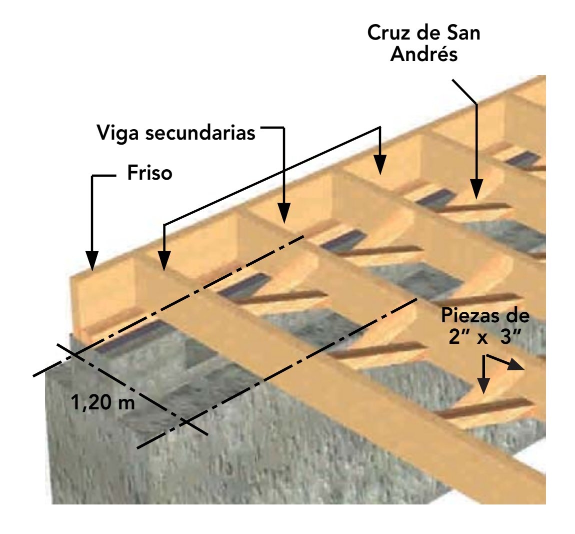


Figura 9 - 6: Crucetas de 2" x 3" en plataforma de primer piso, conformado por vigas principales de 2" x 10".

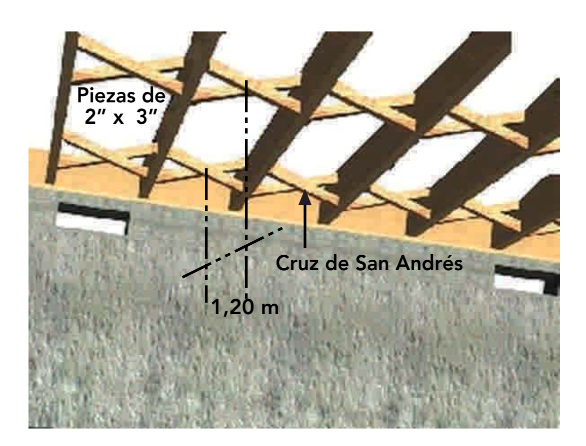


Figura 9 - 7: Vista desde abajo de la plataforma de madera anclada sobre una fundación continua. Crucetas con distancia máxima a 1,2 m según proyecto.

9.3.3. Sistemas arriostrantes
Conjunto de elementos que colaboran en la rigidización de la estructura de la plataforma; pueden ser de diferentes formas y materiales.

Las riostras que se pueden usar son:

- Riostras con piezas de madera
- Zuncho metálico
- Entablado diagonal
- Tableros estructurales

9.3.3.1 Riostras con piezas de madera:

Piezas diagonales de dimensiones similares a la sección de las vigas, dispuestas entre éstas y las cadenetas. Para su colocación, una vez afianzadas las cadenetas es conveniente realizarla desde arriba, o sea, desde el borde superior, enfrentando las diagonales contiguas y fijar las piezas mediante clavos de 3 1/2".

Las diagonales se ubican en la plataforma, de preferencia en el perímetro, permitiendo asegurar una buena transmisión de las acciones horizontales (**Figuras 9-8 y 9-9**).

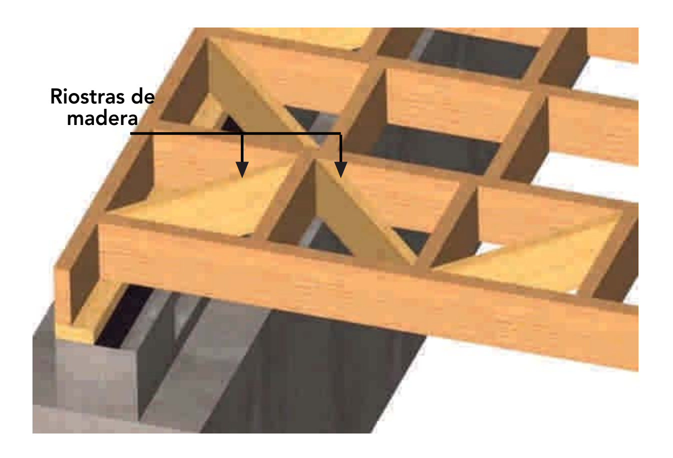


Figura 9 - 8 : Riostras de 2 x 8 en plataforma de piso, de igual escuadría que vigas secundarias.

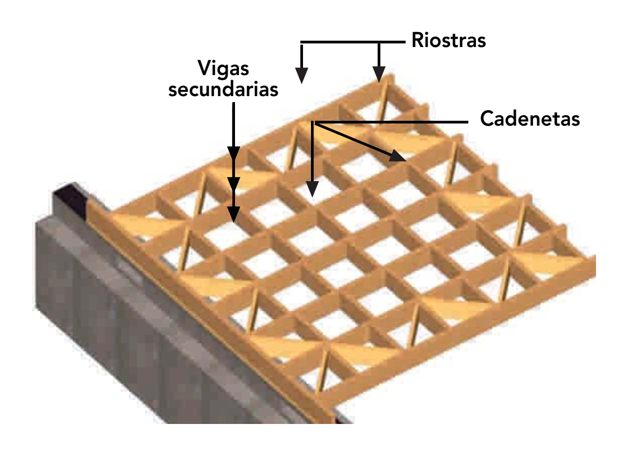
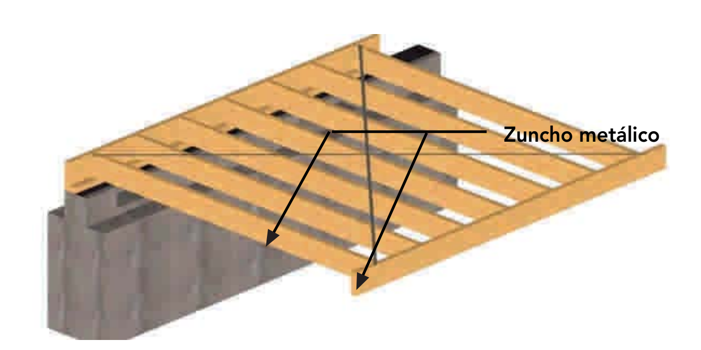


Figura 9 – 9: Riostras materializadas en el perímetro de la plataforma, anclada a fundación continua.

9.3.3.2 Zuncho metálico:

Cinta de acero galvanizado que se fija a cada viga en forma diagonal en ambos sentidos, sobre el entramado, efectuando el rebaje en espesor de aquella (2 a 3 mm); esto último, con el objeto de que el revestimiento se apoye en toda su extensión, como se puede observar en la Figura 9-10.



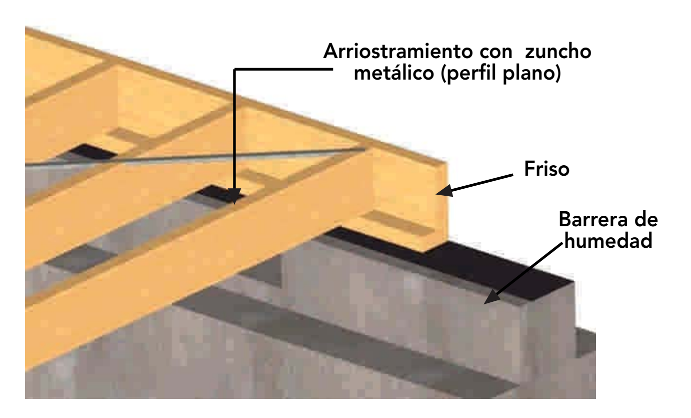


Figura 9 - 10 : Zuncho metálico, pletina de ancho 20 mm y espesor 2,5 mm para plataforma de primer piso, anclada a la fundación continua.

9.3.3.3 Entablado diagonal:

Se realiza clavando en forma diagonal (45°) el entablado a cada viga y cadeneta con dos clavos, equidistantes 5 veces el diámetro del clavo en el borde de cada tabla. El espesor y el ancho de las tablas dependerá del distanciamiento de las vigas. Por ejemplo, para una separación de 40 cm entre vigas, se recomienda un espesor de 20 mm y un ancho máximo de tabla de 125 mm.

La superficie obtenida sirve como base para el pavimento definitivo y mejora la absorción acústica de los ruidos ambientales.

Es muy importante que la humedad de la madera del entablado esté en equilibrio con la humedad del medio ambiente, para prevenir posibles deformaciones que se transmitan al pavimento.

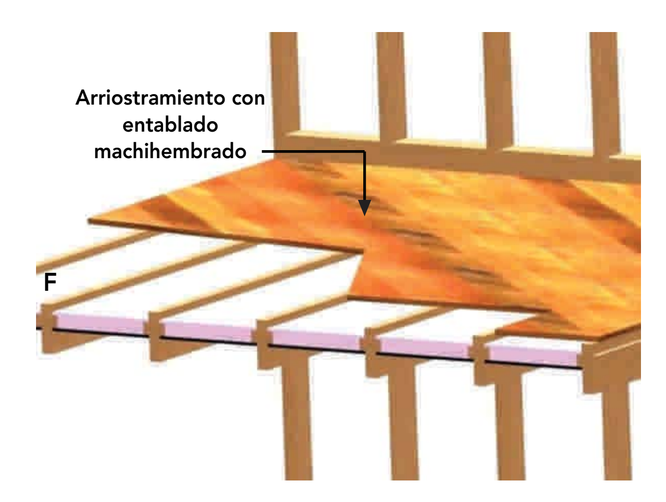


Figura 9 - 11: Ejemplo en el cual se ha especificado como solución de riostra y pavimento terminado a la vista, molduras a 45°, de 114 x 19 mm machihembrada, con aislación termo-acústica para la plataforma del entrepiso.

9.3.3.4 Sistemas arriostrantes con tableros estructurales: Este sistema para arriostrar entramados se está aplicando mayoritariamente, dado que ofrece una serie de ventajas comparativas, fundamentalmente por la facilidad y rapidez de ejecución, con respecto a las soluciones anteriores. El uso de herramientas como martillo neumático y taladro con extensión para atornillar resulta de gran efectividad, como se puede observar en la Figura 9 - 12.

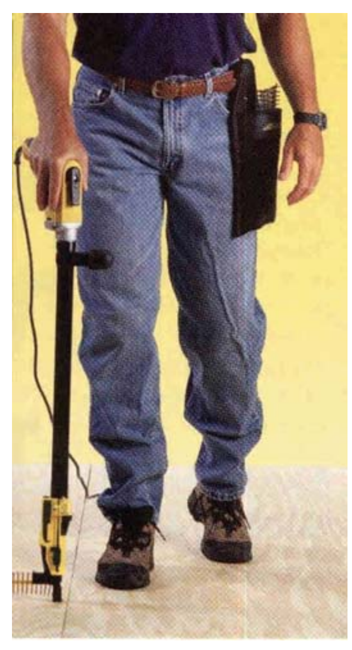


Figura 9 - 12: Taladro con extensión para atornillar tableros que arriostran la plataforma de un entramado de piso, a distanciamiento correspondiente.

Los tableros estructurales son contrachapado fenólico o de hebras orientadas (OSB).

Los tableros se colocan traslapados, evitando líneas continuas en ambos sentidos, como se observa en la Figura 9 - 13.

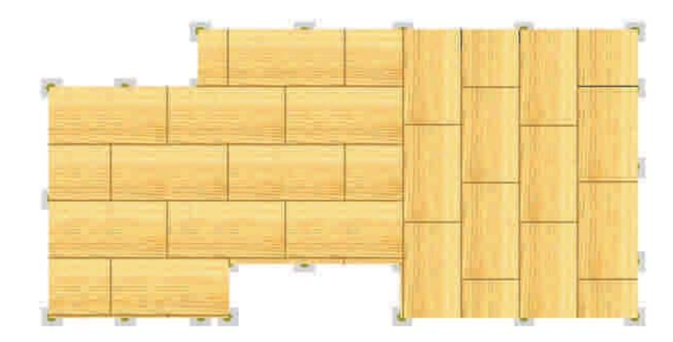


Figura 9 - 13: El plano de planta de construcción debe especificar la disposición de los tableros estructurales: contrachapado fenólico (terciado estructural) o de hebras orientadas (OSB).

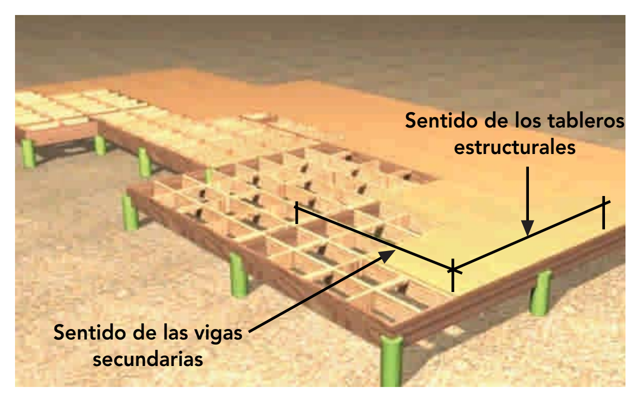


Figura 9 - 14: Instalación de los tableros como riostras y base de plataforma del primer piso en forma alternada y perpendicular a las vigas secundarias.

Se debe hacer coincidir las juntas perimetrales con los apoyos de vigas y cadenetas. En los sectores en que no se encuentre apoyo, se debe colocar una pieza de escuadría no menor a 41 x 90 mm (2" x 4") entre las vigas, la que se fijará de cabeza con dos clavos de 4" en cada extremo, sobre todo en aquellos casos en que por la solución de piso se requiera de una base rígida, como es el caso de los pavimentos cerámicos.

El afianzamiento de cada tablero en los apoyos de los bordes y en la zona del centro, puede realizarse de dos formas:

a) Con clavos o tornillos, sin adhesivo sintético

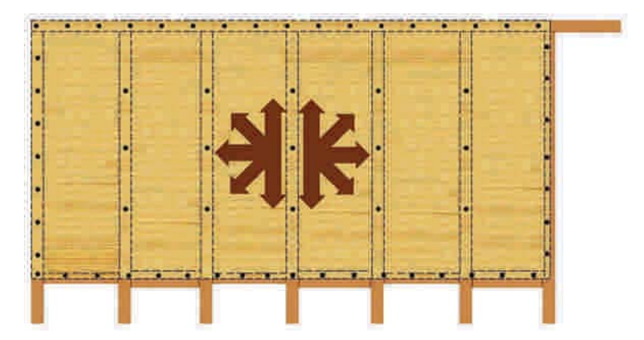


Figura 9 - 15: Instalación de tablero con clavos o tornillos, sin adhesivo sintético. Considera la fijación desde el centro hacia los bordes.

b) Con clavos o tornillos con adhesivo sintético

El distanciamiento entre los clavos o tornillos se considera aproximadamente 10 veces el espesor del tablero en los bordes y 20 veces en la zona central, sin adhesivo sintético. Si se aplica un adhesivo sintético en la zona de los apoyos, se puede aumentar el distanciamiento en 50%, o sea, 15 veces el espesor del tablero en bordes y 30 veces en la zona del centro.

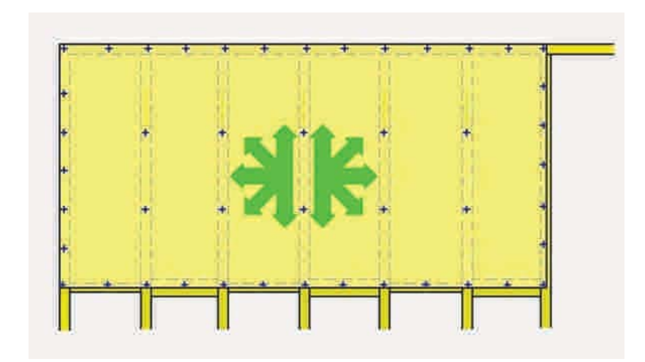


Figura 9 - 16: Instalación de tablero con clavos o tornillos con adhesivo sintético. Considera que la fijación se debe iniciar desde el centro hacia los bordes.

En casos de cargas variables o permanentes mayores a las normalmente consideradas, se debe verificar puntualmente el cálculo, realizado por un profesional competente.

Para disminuir la probabilidad de que los tableros emitan ruidos molestos o se suelten por vibraciones, se debe considerar la separación de 3 mm entre bordes contiguos (dilatación), la fijación mediante tornillos o la aplicación de adhesivo sintético y en otros casos sellos elásticos, o disponer de tableros estructurales con cantos machihembrados.



Figura 9 - 17: Tableros de hebras orientadas con cantos machihembrados y calados para eliminación de agua lluvia, en caso de dicho evento durante la instalación.

El espesor que se recomienda como base de piso depende del distanciamiento de las vigas del entramado. Según los fabricantes, se sugiere:

Distancia entre vigas	Tablero contrachapado	Tablero O.S.B.
41 cm	15 mm	15,1 mm
51 cm	15 mm	15,1 mm
61 cm	18 mm	-

Tabla 9 - 1: Distancia entre vigas según espesores de tableros contrachapados o de hebras orientadas.

En caso que la solución de plataforma del primer piso consulte aislación térmica, es necesaria la instalación de una barrera de vapor (polietileno de 0,2 mm de espesor) entre el tablero y la aislación térmica, considerando un traslape mínimo de 15 cm.

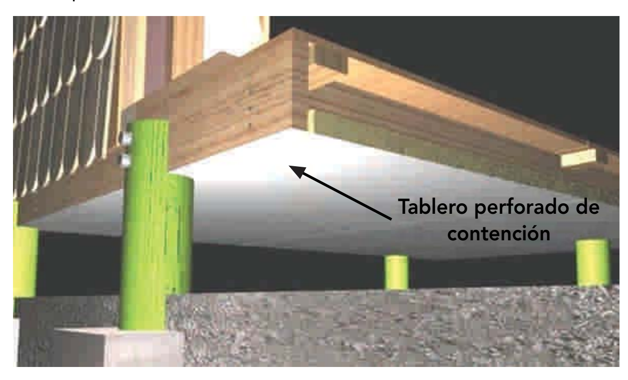


Figura 9-18: Plataforma de primer piso con aislación térmica. La aislación es sujecionada con tablero perforado para mantener ventilada la estructura.

Si no se consulta aislación térmica, no se requerirá barrera de vapor, por lo que se debe disponer de una lámina que impida la infiltración de aire y que sea permeable al vapor de agua. Es recomendable en este caso la instalación de una membrana sintética especial o fieltro asfáltico de 15 libras.

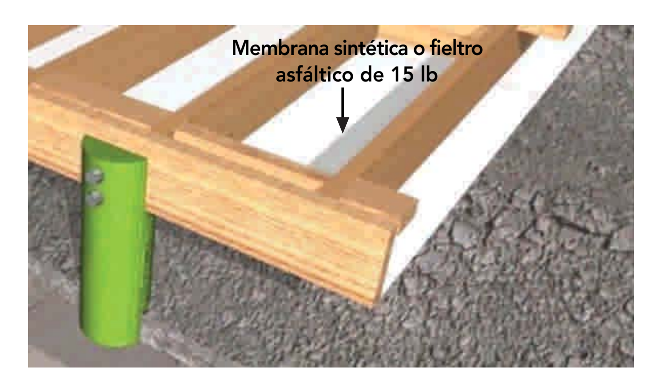


Figura 9 - 19: Instalación de membrana sintética o fieltro asfáltico de 15 libras como barrera de humedad en la plataforma anclada a la fundación aislada.

9.4 ELEMENTOS ESTRUCTURALES QUE SE IDENTIFICAN SEGÚN DESEMPEÑO Y UBICACIÓN

Según el desempeño y ubicación de las vigas en una plataforma, se pueden definir los siguientes elementos estructurales:

9.4.1 Viga maestra:
También conocida como viga principal, aquella sobre la cual se apoyan otros elementos estructurales, directa o indirectamente.

Soporta el conjunto del sistema y transmite las cargas a tabiques soportantes, columnas o fundaciones.

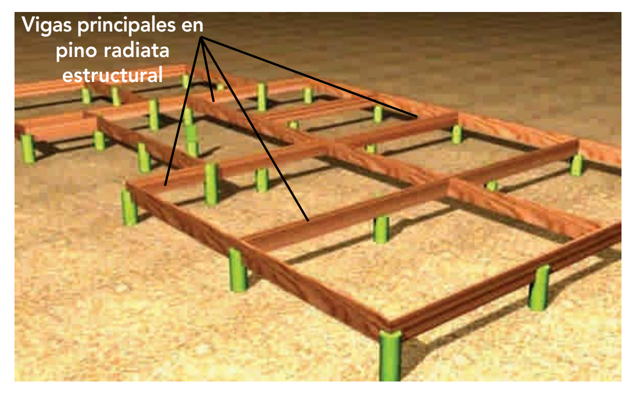


Figura 9 - 20: Ejemplo de vigas maestras o principales en entramados de piso sobre fundación aislada en Pino radiata estructural.

La distancia entre las vigas principales está definida por la luz máxima (que se puede disponer por largos comerciales, escuadrías y cargas), a que estarán sometidas las vigas secundarias. Normalmente los largos fluctúan entre 2 y 4 m y las escuadrías mínimas tienden a 2" x 8" o 2" x 10" para entramado de piso o entrepiso y 2"X 6" para cielos que soportan su propio peso, ambos ratificados por cálculo estructural.

Cuando se requiere salvar luces mayores a las normales (más de 6 m) en viviendas de dos pisos, superiores a los 300 m2 construidos, se recurre a vigas compuestas, laminadas, reticuladas u otro tipo, que se expondrán en forma general más adelante.

Las vigas maestras que conforman la solución de un entramado de piso requieren ser ancladas a la fundación continua o aislada de pilotes de madera o poyos de hormigón. La conexión debe ser cuidadosamente resuelta, debido a los esfuerzos laterales a que estará sometida la estructura en servicio.

En el caso de fundación continua, se puede resolver mediante soleras de montaje o directamente mediante el uso de conexiones metálicas. Cuando la viga se coloca directamente al sobrecimiento, viga fundación de hormigón armado, poyo de hormigón simple o fundación aislada, se debe considerar aislación entre madera y hormigón, para evitar posible incorporación de humedad por capilaridad.

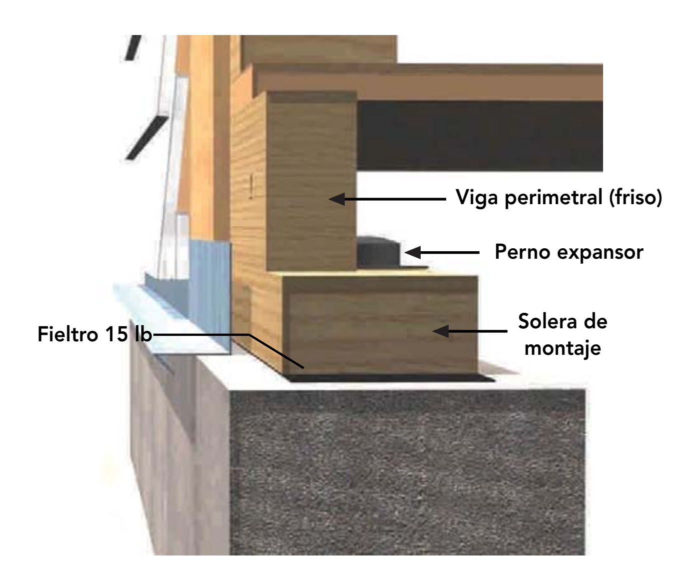


Figura 9 - 21: Solución de conexión de la viga perimetral al sobrecimiento, a través de una solera de montaje tratada con preservante CCA. Considera además, aislación entre ambos materiales con fieltro alquitranado. La solera está anclada al sobrecimiento mediante espárragos o pernos expansores cada 80 cm.

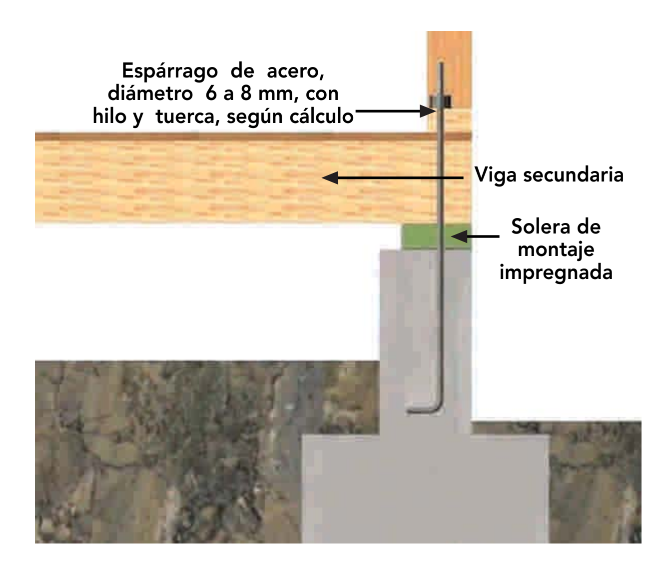


Figura 9 - 22: Viga perimetral del entramado de piso, se fija a solera de montaje en la fundación continua mediante ángulos metálicos. El tabique soportante perimetral es anclado a la fundación mediante la colocación de espárrago con hilo y tuerca (diámetro de 6 a 8 mm), aproximadamente cada 0.80 m, uniendo la solera inferior del tabique con la solera de montaje a través del espárrago anclado al sobrecimiento.

En el caso de fundación aislada, específicamente pilotes impregnados de 9" a 10" de diámetro, las uniones son con tirafondos, pernos pasados o pletinas especiales.

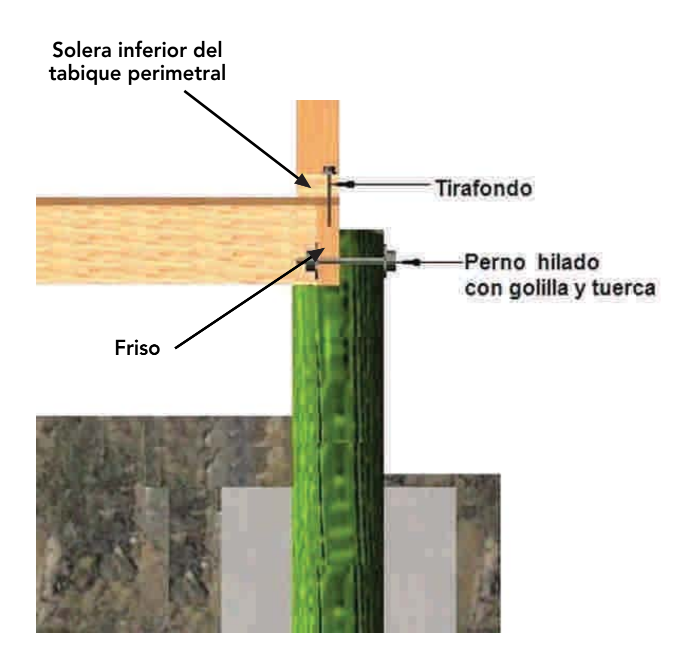


Figura 9 - 23: Corte intermedio de viga perimetral del entramado horizontal, se fija a cada pilote mediante perno hilado con golillas y tuerca, cuyas dimensiones las determina el cálculo. Normalmente son de un diámetro mínimo de 12 mm y largo de 7" a 8" (170 a 200 mm). Solera inferior del tabique perimetral se fija al friso mediante tirafondos cada 0,40 m, definidos según cálculo.

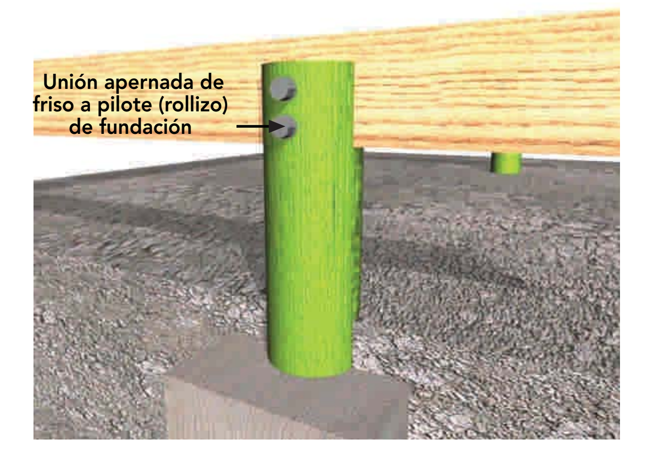


Figura 9 - 24: La fijación, en este caso, entre viga perimetral del entramado horizontal y pilote, se realiza mediante dos pernos con golillas de medidas, según cálculo, normalmente de diámetro no menor a 12 mm y largo 7" a 8". Eventualmente se acepta el uso de tirafondos, siempre que su colocación sea supervisada.



Figura 9 – 25: En algunos casos la fijación de la viga se puede realizar efectuando dos cortes paralelos al pilote de un ancho de la pieza de la viga y dos pernos pasados (vista con transparencia), según cálculo.

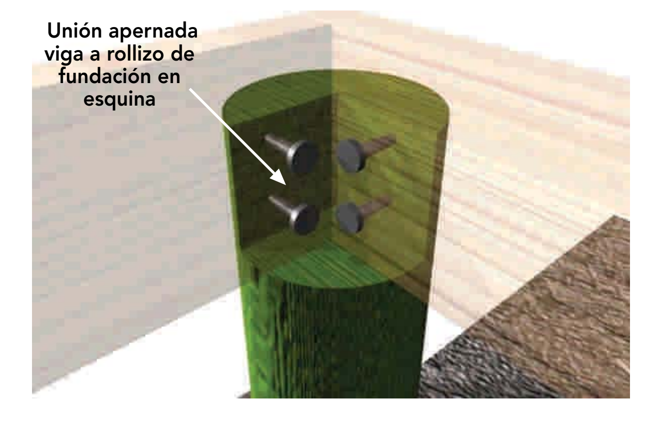


Figura 9 - 26: Solución unión esquina de dos vigas perimetrales, dimensiones 2" x 10", que se apoyan sobre un pilote de diámetro 10". Unión realizada en este caso mediante dos tirafondos de dimensiones definidas, según cálculo y bajo supervisión.

9.4.2 Vigas de piso:

También llamadas vigas secundarias o viguetas, conforman el entramado de piso, soportan las sobrecargas del primer nivel y normalmente son las que reciben el tablero estructural base de la solución de piso, o el entablado como solución definitiva de pavimento.

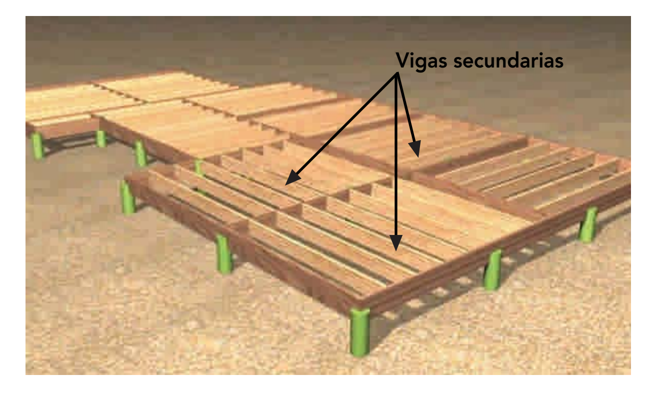


Figura 9 – 27: Entramado de piso dispuesto sobre sistemas de fundaciones aisladas. Conformado por vigas maestras o principales y vigas secundarias que recepcionan los tableros estructurales arriostrantes y base para la solución de piso.

9.4.3 Vigas de entrepiso:

Vigas que conforman entramado de entrepiso, separando dos niveles de una vivienda unifamiliar o edificio. Generalmente en la superficie superior están revestidos por la solución de pavimento y en la inferior, por la solución de cielo.

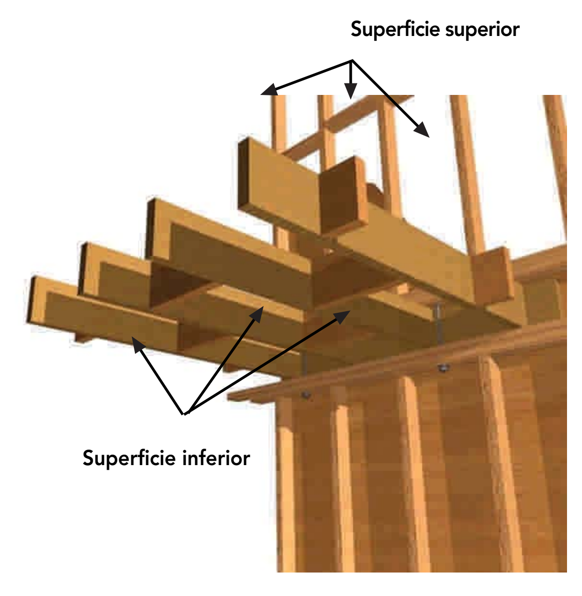


Figura 9 - 28: Vigas secundarias o de entrepiso de escuadrías según cálculo, en este caso, 2"x 8" distanciadas a 400 mm.

9.4.4 Cabezal:

Pieza de igual escuadría, se coloca adicionalmente en forma paralela a las vigas de entrepiso o piso. Generalmente corresponde a piezas dobles, de igual escuadría a vigas secundarias que conforma el perímetro en escotillas de escaleras, paso de ductos, ventilación y extracción de gases, entre otros.

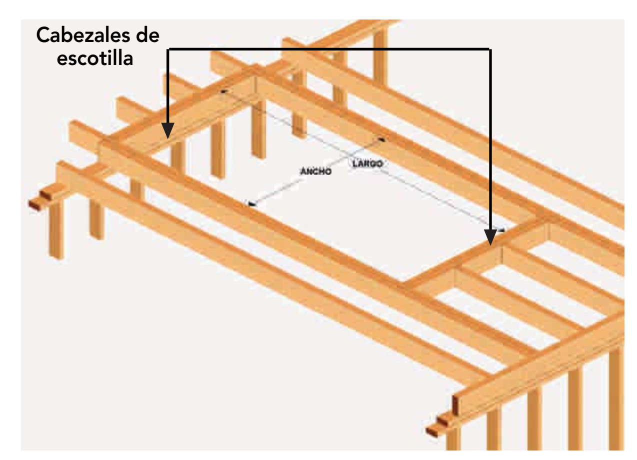


Figura 9 - 29: Cabezales que forman la escotilla con dos piezas de 2"x 8" (2 (2"x8")) de la escalera que comunica el primer y el segundo piso.

9.4.5 Friso:

Viga de similar escuadría a vigas secundarias que remata el entramado horizontal por su contorno exterior o perimetral. Se llama friso frontal cuando se ubica perpendicular a las vigas y friso lateral, cuando es paralela a éstas.

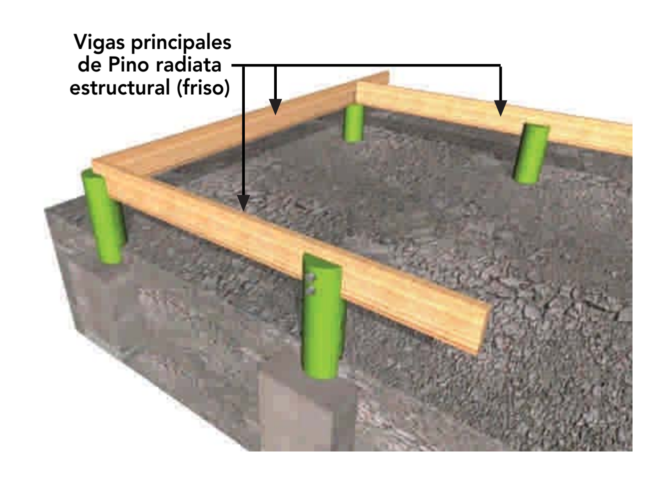


Figura 9 - 30: En el ejemplo, se muestra el friso que remata el contorno del entramado de piso en una solución de fundación aislada.

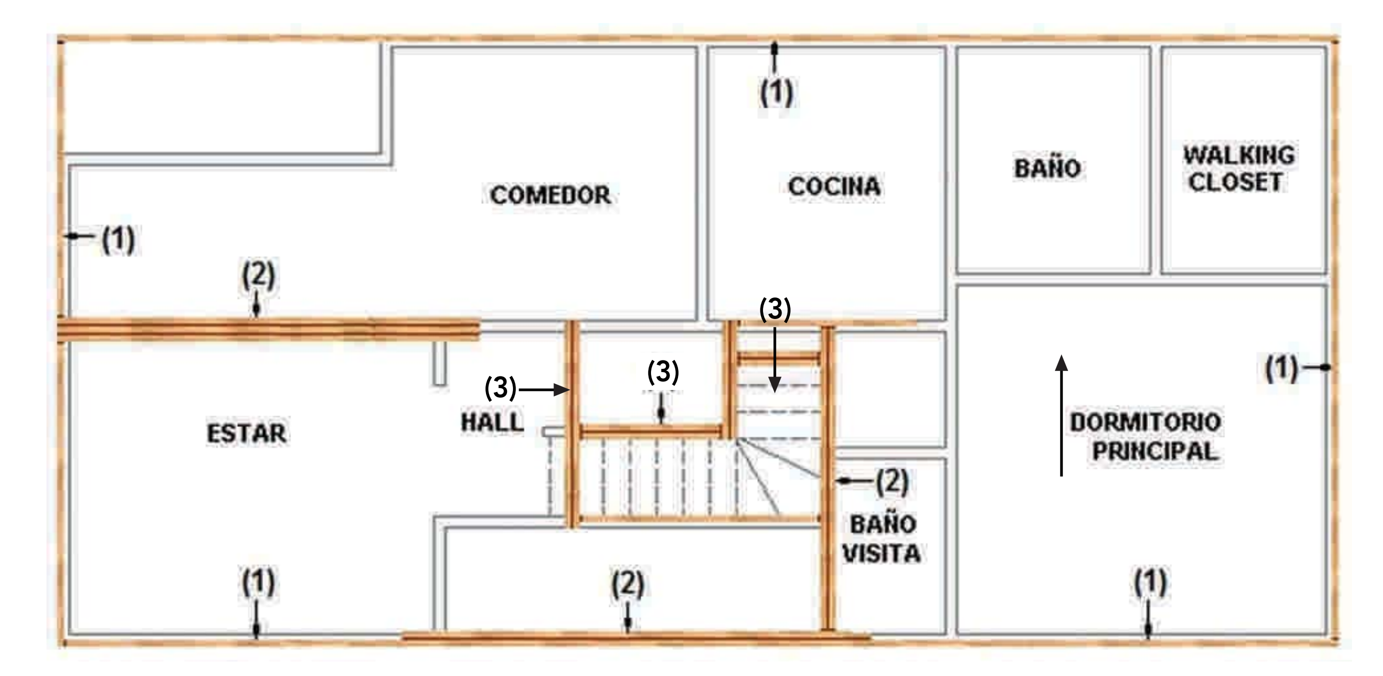


Figura 9 – 31: Plano planta de vigas perimetrales (friso) (1), viga compuesta (2), necesarias según cálculo para reforzar al envigado por distanciamiento de los apoyos y viga cabezal (3) como refuerzo en el perímetro de la escotilla de la escalera.

9.4.6 Vigas de cielo:
Vigas que en conjunto con otras conforman el entramado de cielo y que separan el espacio habitable del entretecho. Son vigas de menor sección a las de plataformas, ya que no soportan sobrecargas de uso (no están calculadas para ser solicitadas, en caso de ser utilizado el entretecho, como espacio para guardar), sólo las de su propio peso y las de solución de cielo (normalmente placa de yeso cartón o molduras de madera).

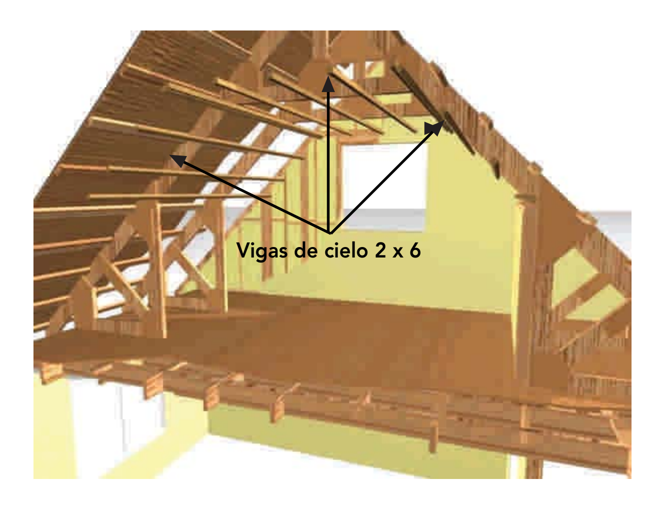


Figura 9 – 32: Vigas que conforman el entramado de cielo bajo cerchas habitables. En este caso, escuadrías de 2 x 6, que recibirán el encintado de 2 x 2 y placas de yeso o entablado como solución de cielo.

9.5 EMPALMES Y CONEXIONES DE LAS PIEZAS ESTRUCTURALES QUE CONFORMAN UNA PLATAFORMA

9.5.1 Introducción
Las uniones entre piezas que conforman una plataforma de piso o entrepiso deben formar estructuras sólidas, que al ser solicitadas por los diferentes esfuerzos internos o externos, respondan solidariamente como un todo integrado, al igual que las uniones necesarias de estas estructuras a los entramados o elementos verticales (pilar o columna).

9.5.2 Empalmes de vigas
La necesidad de unir dos vigas longitudinalmente, que permita alcanzar o cubrir una luz necesaria, debe ser estudiada de manera que los empalmes se produzcan en apoyos intermedios sobre tabiques u otras vigas, como la situación que se presenta en las figuras siguientes: 9-33 a 9-36.

Estos empalmes pueden ser traslapados, de tope o ensamblados, cuyas soluciones definitivas deben ser previamente calculadas.

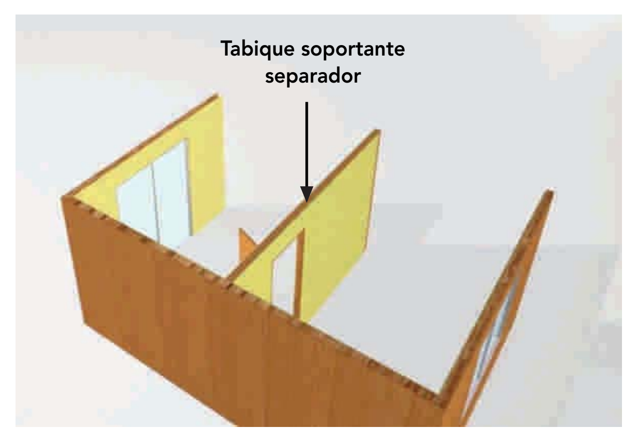


Figura 9- 33: En este caso se debe cubrir la luz entre los tabiques extremos y se cuenta con un tabique soportante separador entre estos.

9.5.2.1 De traslape:

Este tipo de empalme, bastante utilizado por lo simple y económico, no requiere ningún elemento ni trabajo adicional de cortes o rebajes especiales en las piezas que se desean unir. Tiene el inconveniente que se produce un desplazamiento en el eje de las vigas, dando como resultado un desfase en las juntas de tableros del piso o entrepiso.

A continuación se muestran las diferentes etapas de la construcción cuando se materializa el empalme de vigas, sobre el tabique separador.

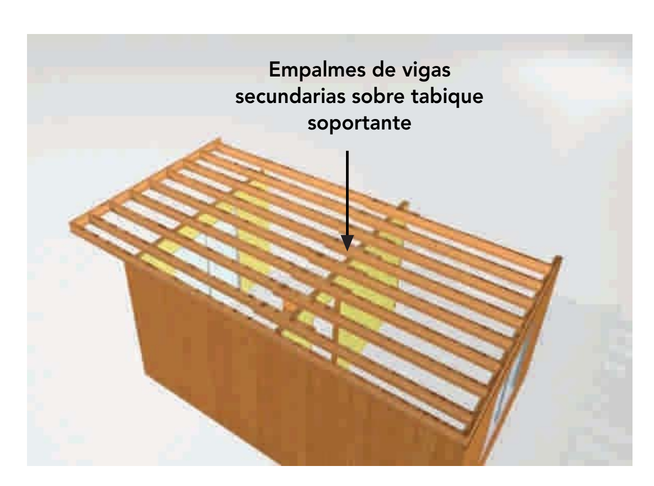


***Figura 9 - 34 :** Se ubican las vigas que conformarán la plataforma del entrepiso. Dichas vigas se traslapan sobre el tabique soportante separador.*

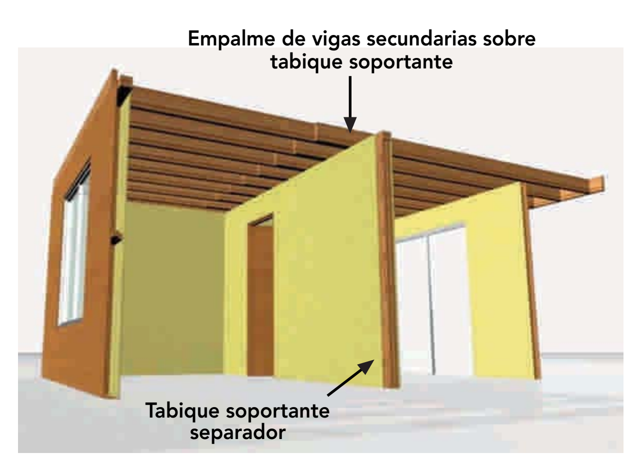


***Figura 9 - 35:** Vista en perspectiva de la solución del empalme traslapado de las vigas de la plataforma del entrepiso.*

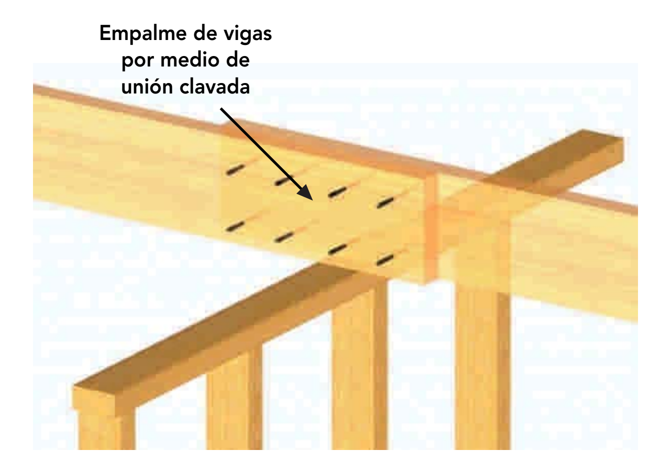


***Figura 9 - 36:** Ejemplo de empalme de dos vigas de 2 x 8 unidas con clavos de 4" según cálculo. Apoyo sobre el tabique soportante separador como se explicó en la sucesión de figuras anteriores.*

9.5.2.2 De tope:

Empalme que se privilegia normalmente cuando la posición de las vigas sirve, además de modulación, para tableros de piso o placas de cielo, obteniendo una línea de clavado recto. En este caso el empalme requiere de elementos adicionales de madera o metálicos en la unión.

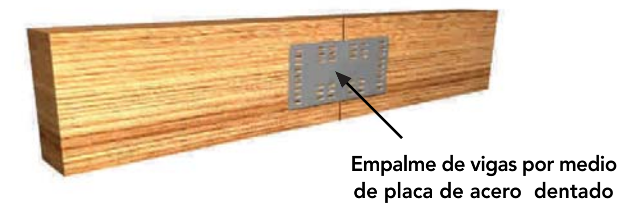


***Figura 9 – 37:** Las uniones con placas metálicas dentadas se pueden usar sólo en componentes constructivos, solicitados predominantemente por cargas estáticas.*

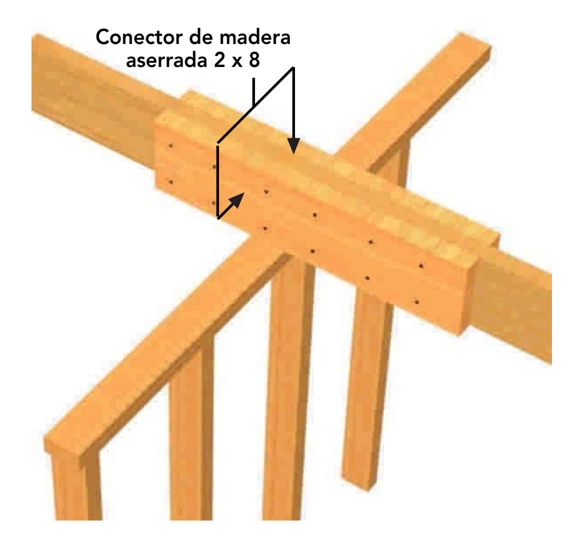


Figura 9 - 38: Empalme a tope sobre tabique soportante, reforzado con conector de madera de 2 x 8 (distancia entre fijaciones según cálculo).

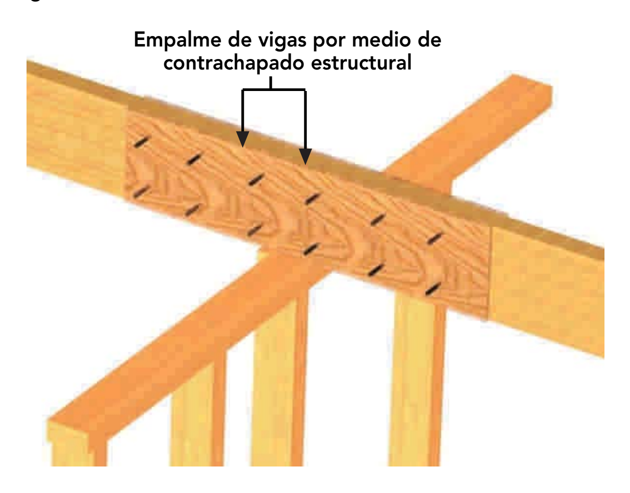


Figura 9 - 39: Empalme a tope sobre tabique soportante, reforzado con conector de contrachapado fenólico (distancia entre fijaciones según cálculo).



Figura 9 - 40: Empalme a tope sobre tabique soportante, reforzado con placa encastrada de acero galvanizado (distancia entre fijaciones según cálculo).

9.5.2.3 Ensambladas:

Este tipo de empalme se utiliza preferentemente en envigados de techumbre cuando el diseño considera que queden a la vista, ya que los empalmes anteriormente descritos quedarán ocultos al instalar el cielo bajo las vigas.

Estos ensambles requieren de una preocupación especial en los cortes y ubicación, generalmente en el eje de los apoyos. Si las vigas forman una continuidad, podrán ejecutarse en el punto de inflexión en que el momento flector es nulo, o sea, a una distancia aproximada del apoyo equivalente a $^1/_4$ de la luz libre.

En este tipo de empalmes, según sea el caso, se deben considerar piezas de maderas adicionales, clavos, tornillos, tirafondos o clavijas de madera o acero que permitan reforzar el empalme y mejorar el apoyo donde se efectuará la unión. Este tipo de ensambles da origen a piezas de madera como las llamadas sopandas o ménsulas, que además le agregan un carácter decorativo en el lugar de la unión. Por ejemplo, en la figura se muestra la unión a media madera longitudinal de una viga sobre un pilar con sopanda.

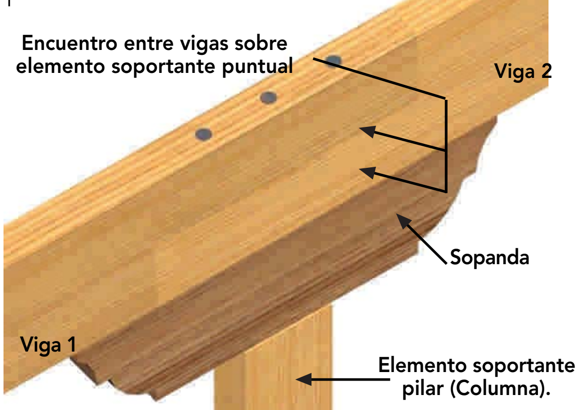


Figura 9 – 41 : Utilización de sopanda como elemento de apoyo en encuentro entre vigas sobre elemento soportante puntual.

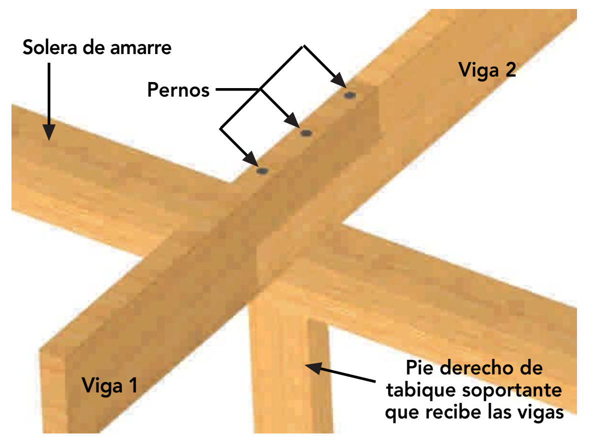


*Figura 9 – 42: Empalme típico de dos vigas sobre un tabique estructural llamado ensamble en **Entabladura**, el cual consiste en ejecutar un corte tipo media madera y fijarlo con pernos, clavos, adhesivos o tarugos.*

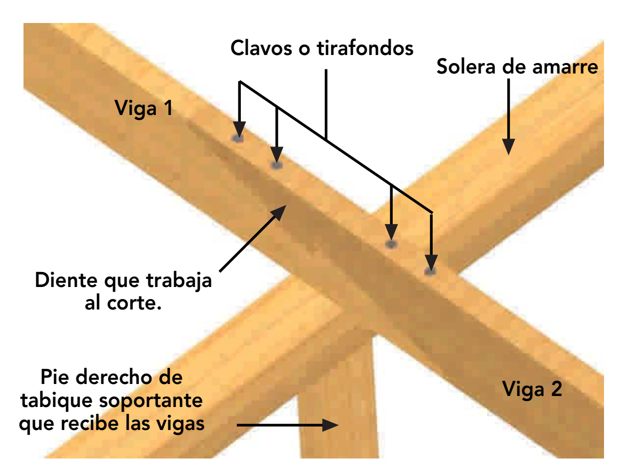


*Figura 9 – 43: Empalme de dos vigas llamado **Rayo de Júpiter** sobre tabique estructural, en el cual las vigas se cruzan como en la solución **Entabladura**, pero incorporando un diente que trabajará al corte. Se puede utilizar en su fijación pernos o clavos.*

9.5.3 Conexiones de vigas

Los encuentros entre vigas (en diferentes ángulos) y con otros elementos verticales como pilares o columnas, son los que se denominan **conexiones**. Estas son uniones que bajo el punto de vista estructural resultan de mucha importancia, por los esfuerzos de corte y momento torsor presentes en dichos nudos.

Tradicionalmente estas conexiones se resolvieron mediante cortes a media madera, caja y/o espiga, las que fueron reemplazadas por el uso de pletinas de acero que se fabrican artesanalmente según necesidad.

La nueva tecnología ha resuelto dichas uniones de manera más eficiente, con conectores de acero de distintas formas y diseños, fabricados industrialmente en concordancia con las escuadrías comerciales de la madera. Se encuentran en catálogos y se seleccionan según parámetros de cálculo.

A continuación se muestran las conexiones de vigas a elementos verticales más comunes.



Figura 9 – 44: Conector fabricado con pletina de 3 a 4 mm conformado por dos piezas, las cuales se unen mediante soldadura de costura, como se puede apreciar en la figura. Las vigas se fijan con tirafondos de diámetros y largos según cálculo.



Figura 9 – 45: Conector metálico que une una vigueta de plataforma de terraza con pilar.

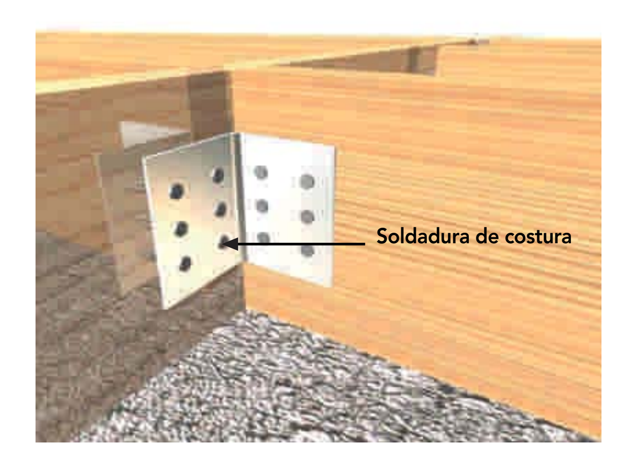


Figura 9 – 46: Conector fabricado con pletina de espesor 3 a 4 mm conformado por dos piezas que se unen mediante soldadura de costura, como se puede apreciar en la figura.

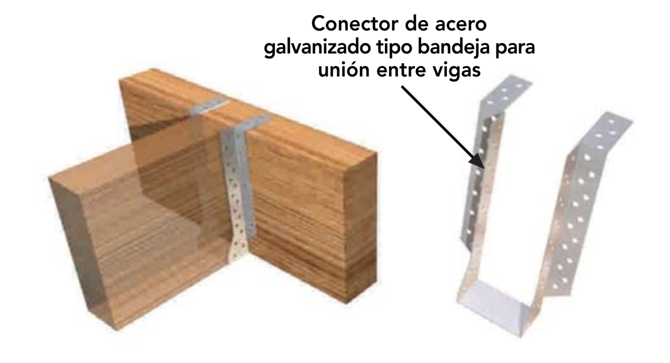


Figura 9 – 47: Conector de acero galvanizado, el cual incorpora perforaciones tanto triangulares como circulares, que permite resistir altas cargas cuando es fijado con clavos comunes.

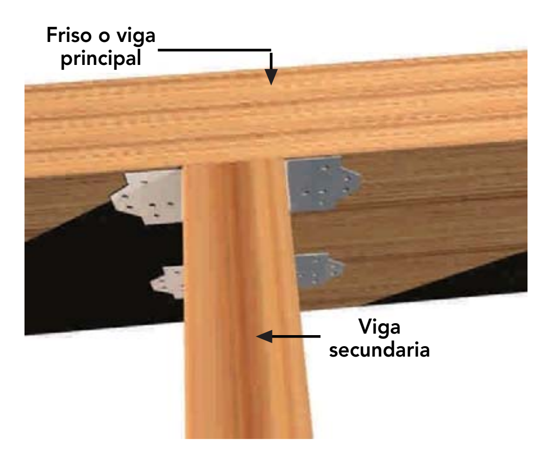


Figura 9 – 48: *Conector de acero galvanizado de 1,7 mm de espesor utilizado para unir friso con vigas maestras de piso o entrepiso. Soporta bien las fuerzas paralelas y perpendiculares que puedan recibir las vigas maestras.*



Figura 9 – 49: *Conector clavado al friso, fija posteriormente la viga de piso o entrepiso en ambos extremos, igualmente con clavos comunes, fabricado en acero galvanizado de 1,7 mm de espesor.*

9.6 SITUACIONES ESTRUCTURALES ESPECIALES EN LOS ENTRAMADOS

9.6.1 Generalidades

Las situaciones estructurales especiales que se pueden presentar en un entramado dependen del diseño arquitectónico y se refieren a los posibles voladizos y escotillas que define el proyecto. Como por ejemplo: balcones en entrepiso, terrazas en primer piso (en caso de fundación aislada), escotillas para la pasada de escalera, chimeneas, y ductos verticales, entre otros.

9.6.2 Voladizos

Los voladizos se pueden situar en el entramado, en sentido de la prolongación de las vigas o en sentido perpendicular a éstas. La longitud de los voladizos es función de la resistencia en las vigas y los esfuerzos que actúan en éstas. Se debe verificar su estabilidad por cálculo.

La solución estructural de los voladizos en el sentido de las vigas se obtiene prolongando las vigas en consola, a la distancia que permite el cálculo. Si éstas no alcanzan el largo deseado, se suplirán adosando otras de igual escuadría a las existentes, traslapándolas y anclándolas cara a cara en a lo menos 1/3 del largo o también, intercalando vigas nuevas entre las existentes, que se anclan de cabeza a una viga cadeneta y se incorpora a la estructura a una distancia de 2/3 del apoyo según el largo del volado, como se puede observar en la Figura 9-50.

Cuando el voladizo se ubica en sentido perpendicular, la estructura se conforma por un envigado secundario de igual escuadría al existente, anclándose cada una de estas vigas a la penúltima viga perpendicular del piso o del entrepiso, como se observa en la **Figura 9 – 51**.

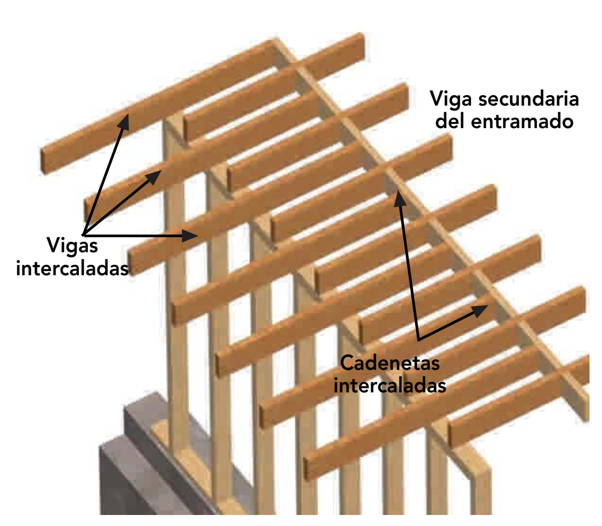


Figura 9 – 50: *El voladizo se encuentra en el sentido del entramado de las vigas. En este caso, se intercalaron nuevas vigas entre las existentes, anclándolas a la viga cabezal, dimensiones y largos según cálculo.*

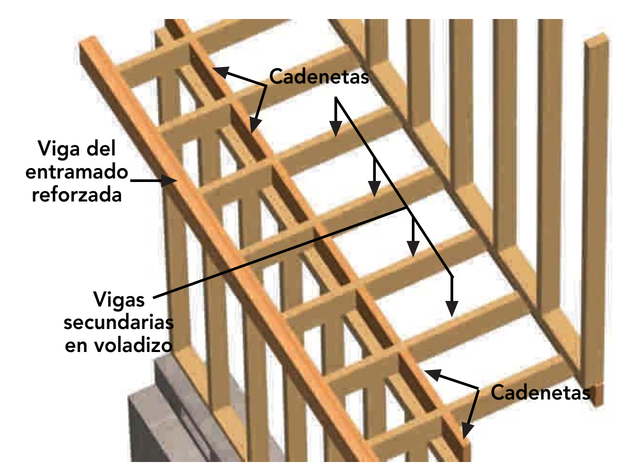


Figura 9 – 51: *El entramado se encuentra en sentido perpendicular al voladizo. Envigado secundario de igual escuadría se ancla a la penúltima viga, la que se duplicare forzando dimensiones y largos según cálculo.*

9.6.3 Escotillas

Cuando se requieren espacios mayores a los que se disponen en el envigado de piso o entrepiso, por pasada de escalera, chimenea o salidas verticales por ductos de alcantarillado o ventilación, es necesario cortar vigas para lograr el espacio en el lugar donde éste se interrumpe. Se debe colocar una doble viga como cabezal, además de reforzar aquellas donde se apoyará, como se puede observar en la Figura 9-52. Resolver los empalmes de cada una de las piezas que se incorporan como cabezal o como refuerzo es de gran relevancia para no debilitar la estructura en ese sector, lo que hace necesario efectuar cálculos al esfuerzo de corte y flexión.

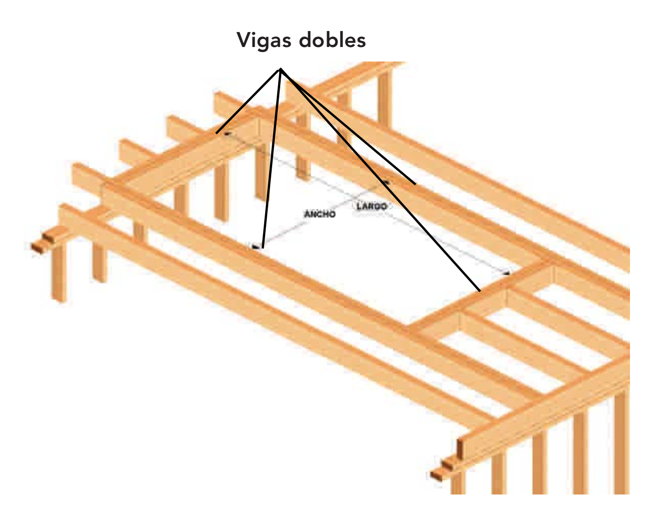


Figura 9 – 52 : Escotilla necesaria para pasada de escalera, se coloca doble viga como cabezal y refuerzos donde se apoyarán las otras vigas.

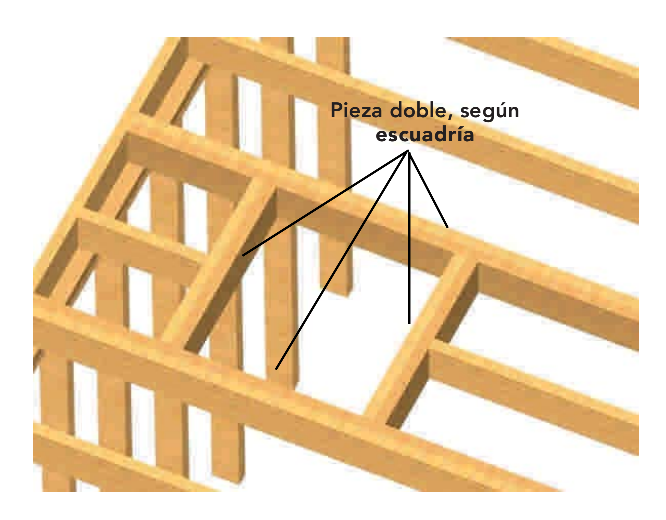


Figura 9 – 53: En el caso de escotillas para la pasada de ductos de chimenea o de ventilación, se soluciona de la misma forma.

9.7 ENTRAMADOS CON VIGAS ESPECIALES

Si bien este manual está orientado a viviendas de luces menores, en que los entramados se solucionan con vigas principales simples de madera estructural aserrada (hasta 4,80 m) y envigados que conforman planos o entramados apoyados en tabiques, puede ser que en algún caso puntual, por la amplitud de algún ambiente proyectado, sea necesario contar con otro tipo de vigas maestras o principales para luces mayores que las usuales.

En este caso se puede recurrir a variadas alternativas de viga, siendo las más comunes:

- Compuestas
- Laminadas
- Doble T
- Cajón
- Alma de metal
- Alma de madera

9.7.1 Vigas compuestas:

Normalmente se califica una pieza de madera como viga a aquella que tiene una razón entre el ancho y alto de 1: 4 a 1: 5, lo que estructuralmente resulta ser la relación recomendable.

Por cálculo se determina si la viga compuesta está formada por 2, 3 ó 4 piezas de Pino radiata, grado estructural, como su escuadría final.

La disposición de estas piezas debe ser de canto, ya que la resistencia está dada por la inercia geométrica de la sección en la viga, logrando un mejor comportamiento estructural. Su resistencia varía linealmente con el ancho y el cuadrado de la altura. Para su fabricación, normalmente en obra se debe disponer cada pieza en forma longitudinal, desplazada en no más de 1/3 de su largo y uniendo cada pieza lateralmente con adhesivos y clavos, dispuestos estos últimos cada 15 cm en forma alternada, como se puede observar en las figuras que a continuación se presentan.



Figura 9 – 54: Presentación de las piezas de Pino radiata de grado estructural, en este caso de escuadrías de 2"x8" que conformarán la viga maestra o principal.



Figura 9 – 55: Armado de la viga maestra compuesta, colocación de adhesivo para madera entre las piezas que permite reforzar la unión de éstas con la colocación de clavos alternados cada 15 cm.



Figura 9 - 56 : Ubicación de la cuarta pieza de Pino radiata grado estructural que conforma la viga compuesta de escuadría final de 6"x 8", las que se deben traslapar en un tercio de su largo y lograr la pieza requerida.

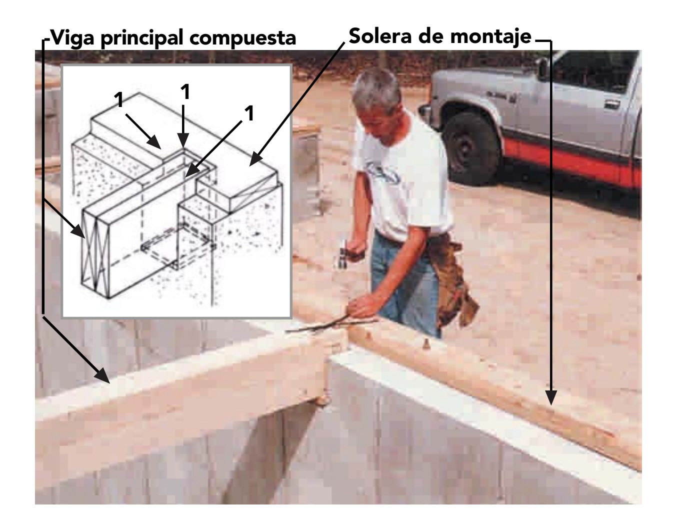


Figura 9 -57: Fijación de la viga maestra compuesta de Pino radiata estructural. Previamente se ha dejado el espacio necesario para su ubicación en el sobrecimiento continuo, cuidando que coincida con la altura de la solera de montaje de los tabiques estructurales perimetrales. Se debe considerar una huelga de 5 a 8 mm como se observa en el detalle ***(1)****, para colocar espuma de poliuretano impregnada con bitumen asfáltico, que asegure aislar la humedad por capilaridad a la viga al contacto con el hormigón.*

El tipo de conexión de las vigas secundarias con vigas maestras o principales dependerá de la solución especificada para el cielo: si éste se ubica bajo las vigas principales o bien bajo las vigas secundarias. En este último caso, las vigas secundarias estarían sobre las vigas principales.

A continuación se muestran las diferentes alternativas de unión de vigas secundarias con vigas principales, según sea el caso, entregadas normalmente por cálculo.

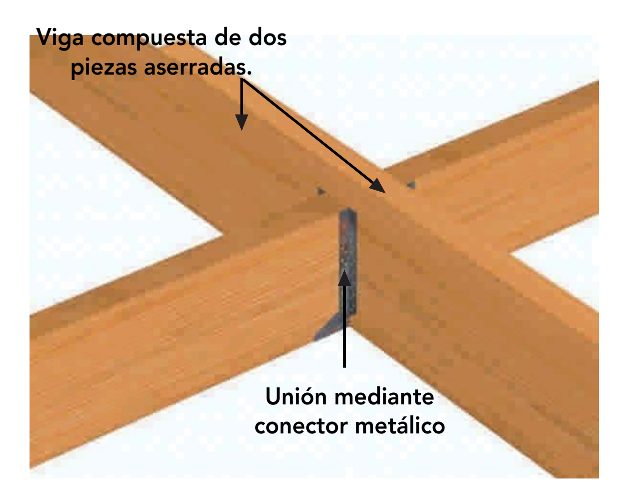


Figura 9 – 58: Unión de viga secundaria de tope a viga principal compuesta mediante conector metálico, según cálculo.

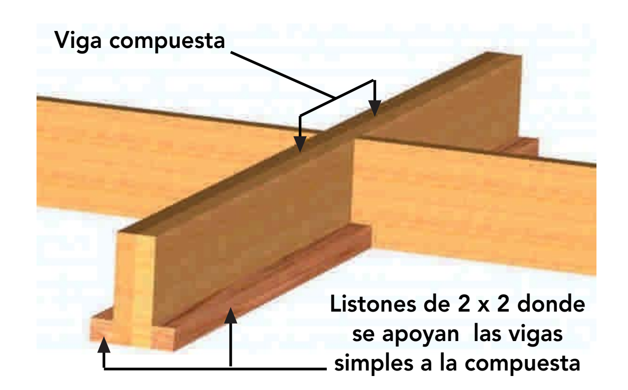


Figura 9 – 59: Solución de unión de viga secundaria a viga compuesta, mediante fijación mecánica y apoyo de pieza aserrada de 2"x 2", según cálculo.

9.7.2 Vigas laminadas:

Viga llena, rectangular, conformada por piezas de madera seca de Pino radiata, seleccionada por su resistencia y apariencia, de espesores de 19 a 30 mm, unidas por sus caras mediante adhesivo Resorcinol Fenol Formaldehído, con características estructurales para uso interior o exterior. Su mayor ventaja es no tener limitantes en el alto, ancho y largo lo que se obtiene mediante uniones dentadas (finger-joint). Los espesores que normalmente se comercializan son entre 90 y 185 mm, y las alturas de 342 a 988 mm.

Las ventajas que se pueden destacar son:

- Alta resistencia en relación a su peso.
- Buen comportamiento en los ambientes salinos y frente a la acción de gases corrosivos.
- En terminaciones a la vista, es de fácil teñido con tintes y barnices.
- Por ser una madera de gran sección es muy resistente al fuego, teniendo una taza de carbonización de 0,6 mm/minuto. Esto permite ausencia de llama a los 15 ó 20 mm (por falta de oxígeno) permitiendo asegurar sus propiedades resistentes.
- Compatibilidad con otros materiales en estructuras mixtas.
- Fácil montaje por ser un elemento liviano.
- Bajo coeficiente de dilatación por temperatura.
- Bajo costo de mantención si queda a la vista.

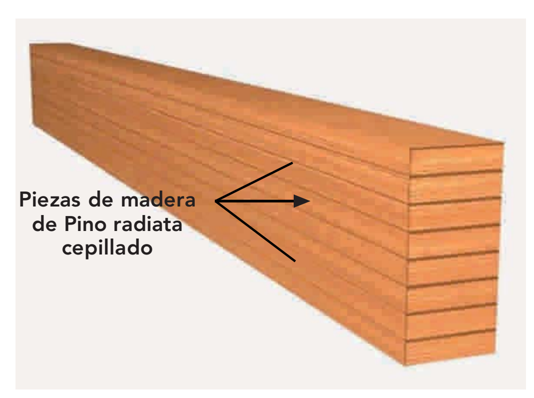


Figura 9 - 60 : Viga laminada compuesta por 8 piezas (en la altura) de madera seleccionada cepillada.

9.7.3 Vigas doble T:

Las vigas doble T están formadas por un cordón superior y otro inferior de madera aserrada, con uniones dentadas o de madera laminada y por un alma central que proporciona la altura, elaborada por un entablado doble en diagonal, por placa de hebras orientadas (OSB) o por contrachapado fenólico. Todas estas piezas las fabrican empresas especializadas.

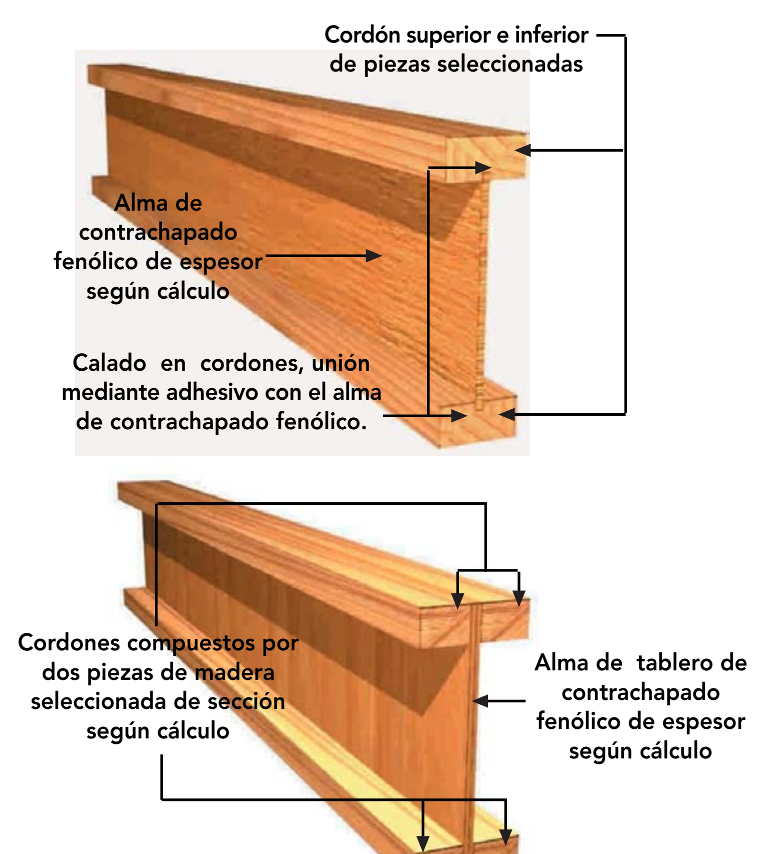


Figura 9 – 62: Viga doble T, formada por un alma de contrachapado fenólico con cordones (superior e inferior) de piezas dobles seleccionadas.

9.7.4 Vigas de cajón:

Vigas formadas por un cordón superior y otro inferior de madera aserrada con uniones dentadas o madera laminada, con revestimientos laterales a ambos lados de madera aserrada en diagonal o también con placa de hebras orientadas OSB o contrachapado fenólico. En su interior y en los extremos se ubican montantes verticales de madera que colaboran a resistir los esfuerzos de corte y a rigidizar las tapas laterales a distancias modulares.

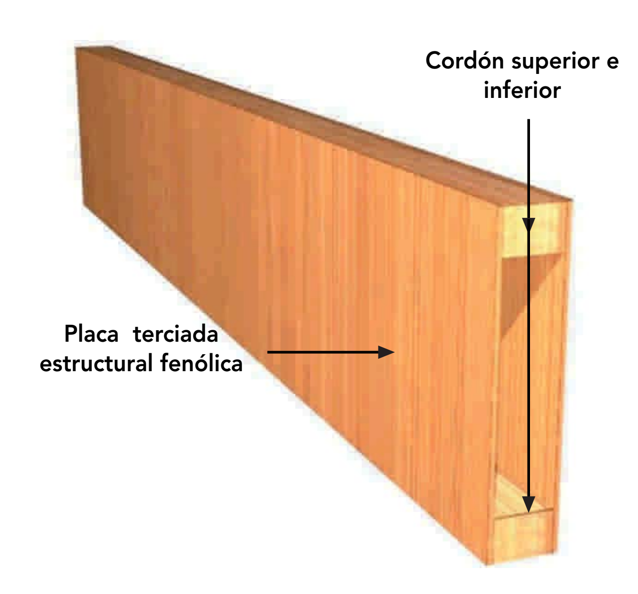


Figura 9 – 63: El material más utilizado en las vigas cajón como recubrimientos laterales es el contrachapado, por su alta resistencia.

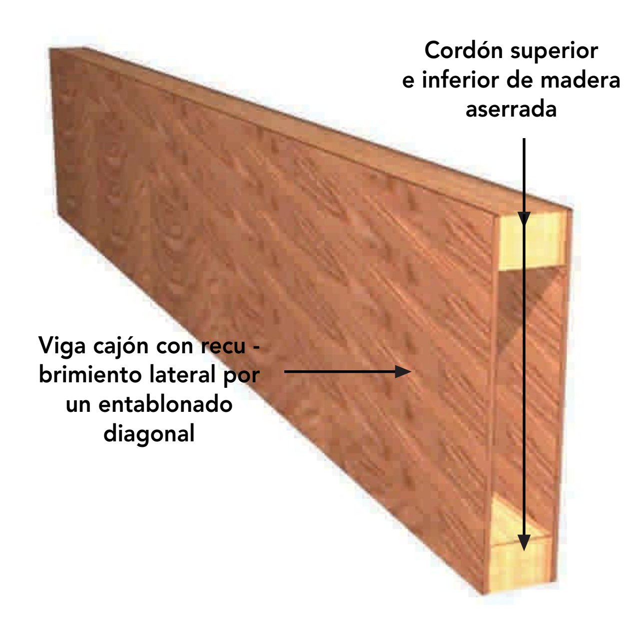


Figura 9 – 64: La altura de una viga cajón varía entre 1/10 a 1/12 de la luz, y la altura de cada uno de los cordones es de aproximadamente 1/ 7 de la altura total de la viga.

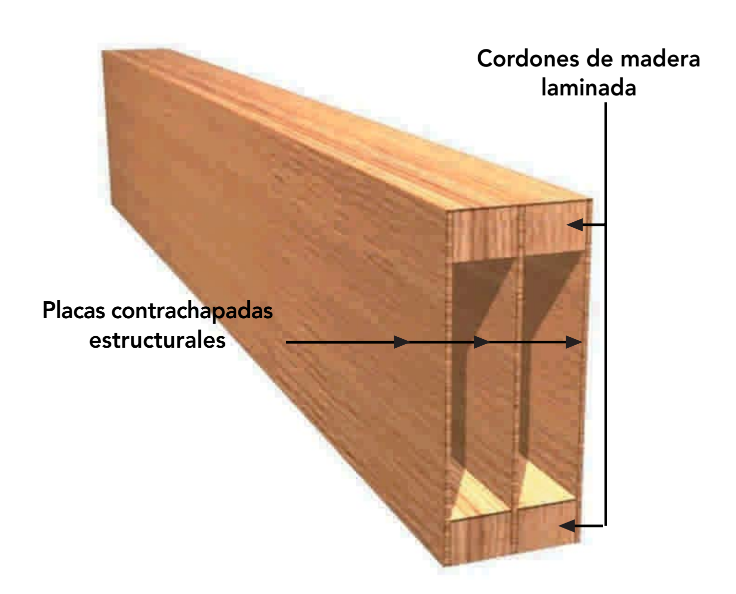


Figura 9 – 65: Para dar mayor resistencia a la viga, se puede intercalar una tercera placa vertical, conformando lo que se llama viga de doble cajón .

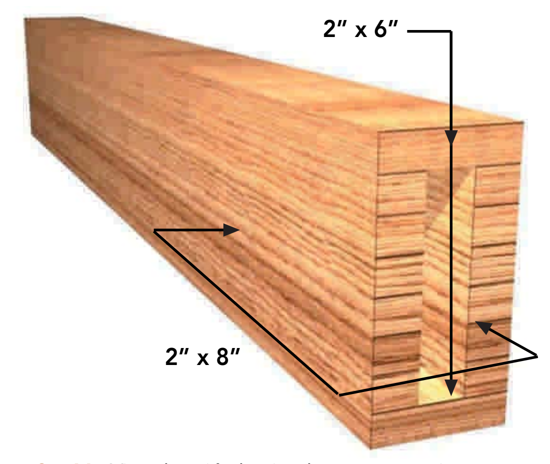


Figura 9 – 66 : Viga de cajón laminada que no requiere montantes verticales superiores.

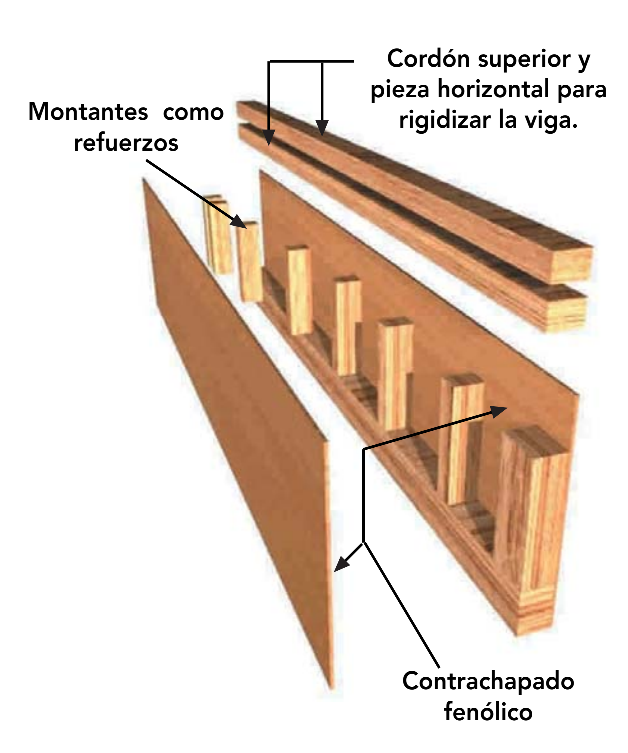


Figura 9 – 67 : En caso que la altura de la viga sea mayor de 1,2 m es necesario armar entre los montantes un entramado horizontal, de forma de rigidizar las tapas laterales.

9.8 ASPECTOS GENERALES A CONSIDERAR EN LA DEFINICIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES QUE CONFORMAN UNA PLATAFORMA

Según la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC). Los entramados de madera deberán ejecutarse con piezas aceptadas según agrupamiento y clasificación que estén contempladas en las normas NCh1989, NCh1970/ 1, NCh1970/ 2 y NCh1207. **Capítulo 6 Artículo 5.6.6.**

Los entramados deberán cumplir con las condiciones que se fijan a continuación. **Artículo 5.6.9.**

1.- El peso propio del entramado que comprende, entre otros, las viguetas, cadenetas, entablado de piso y revestimientos de cielo, no podrá ser mayor que 0,5 kpa (50 kgf/m2).

2.- El distanciamiento máximo, medido entre ejes, será de 0,50 m para las viguetas y de 1,40 m para las cadenetas.

3.- Las escuadrías de los entramados horizontales medidas en milímetros, no podrán ser inferiores a las que se indican en las tablas, para las diferentes luces máximas. Para el caso del Pino radiata es:

Luz máxima	Escuadría
1,6 m	45 x 95 mm
2,4 m	45 x 120 mm
3,2 m	45 x 170 mm
3,6 m	45 x 195 mm

Tabla 9- 2: Escuadría de entramados en mm y luz máxima entre apoyo en m.

4.- La sobrecarga no podrá ser mayor de 1,5 kpa (150 kgf/m2). Sin embargo, en entramados afectados excepcionalmente por sobrecargas comprendidas entre 1,5 kpa (150 kgf /m2) y 3,0 kpa (300 kgf/ m2) se deberá aumentar su resistencia adoptando uno de los siguientes procedimientos:

a) Disminuir a la mitad la distancia entre viguetas.

b) Duplicar la base de las viguetas manteniendo su altura.

c) Aumentar la altura de las viguetas en un 40%, manteniendo sus bases.

Las vigas principales (vigas maestras) que soportan los entramados horizontales, deberán cumplir con las condiciones que se fijan a continuación. **Artículo 5.6.10.**

1.- Tendrán dirección perpendicular a las viguetas del entramado horizontal.

2.- Las escuadrías de las vigas principales que reciben carga de un entramado dispuesto a uno de sus costados, medidas en milímetros, no podrán ser inferiores a las que para las diferentes luces máximas de entramados y de la viga principal, se indican en la siguiente tabla:

Para el Pino radiata serán escuadrías de vigas principalmente en mm y luz máxima entre apoyo en metros.

Luz máx Entrama	1,6 m	2,4 m	3,2 m	3,6 m
Luz máx. Viga ppal.				
1,5 m	45x95	45x120	45x145	45x145 mm
2,0 m	45x120	45x145	45x170	45x195 mm
2,5 m	45x170	45x195	45x220	70x195 mm
3,0 m	45x195	70x195	70x220	70x220 mm

Tabla 9 – 3: Escuadría de entramados en mm y luz máxima entre apoyo en m.

3.- Cuando las vigas principales reciben carga de dos entramados horizontales dispuestos uno a cada costado de ellas, deberán aumentarse las escuadrías que se indican en la tabla 9-3, de acuerdo a uno de los siguientes procedimientos:

a) Duplicar la base de la viga manteniendo su altura.

b) Aumentar la altura de la viga en un 40% manteniendo su base.

4.- Cuando las vigas principales reciben carga de un entramado horizontal, dispuesto a uno de sus costados, afectado por una sobrecarga mayor de 1,5 kpa (150 kgf/ m2), pero menor de 3,0 kpa (300 kgf/m2), deberán aumentarse las escuadrías indicadas en tabla 9-3, de acuerdo a uno de los siguientes procedimientos.

a) Duplicar la base de la viga, manteniendo su altura.

b) Aumentar la altura de la viga en un 40%, manteniendo su base.

5.- Cuando las vigas principales reciben carga de dos entramados horizontales, dispuestos uno a cada costado de ellas, afectados por sobrecarga mayor de 1,5 kpa (150 kgf/m2), pero menor de 3 kpa (300 kgf/ m2), deberán aumentarse las escuadrías indicadas en la tabla 9-3, de acuerdo a uno de los siguientes procedimientos:

a) Duplicar la base y aumentar la altura en un 40%.

b) Duplicar la altura de la viga.

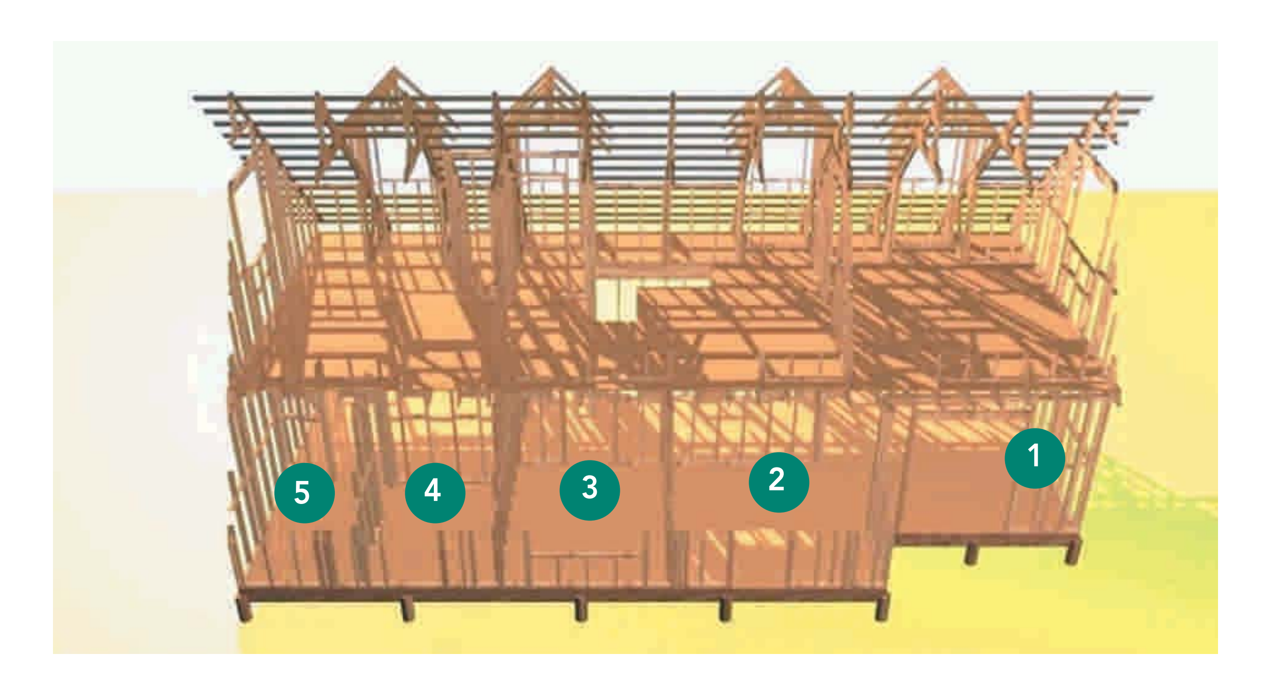
c) Cuadruplicar la base de la viga.

En Anexo V, se entrega un conjunto de tablas que permiten definir con cierta flexibilidad y en forma sencilla, estructuraciones de entramados de pisos.

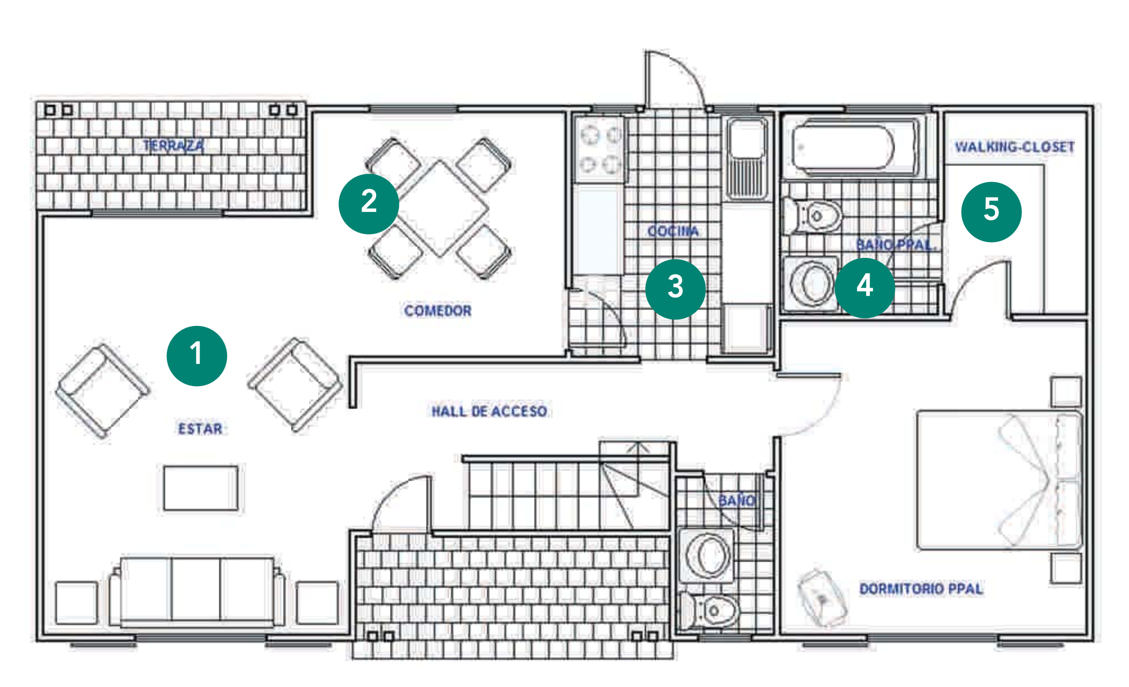
Los cuadros, cuya aplicación se supedita a determinadas separaciones máximas entre paredes, altura máxima de entre pisos e inclinaciones de techo, permiten definir estructuraciones para los distintos tipos de componentes estructurales de una vivienda que cumplen a cabalidad con las normativas, permitiendo prescindir de un cálculo estructural, de modo que pueda ser aprobada por las diferentes Direcciones de Obras Municipales al momento de tramitarse el permiso de edificación.

Los cálculos consideran las indicaciones de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) y normas chilenas vigentes NCh 1198 -Madera -Cálculo estructural y de otras normas complementarias.

9.9 SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA DE UN ENTRAMADO DE PISO Y ENTREPISO DE VIVIENDA PROTOTIPO, CONSIDERANDO LOS ASPECTOS DE DISEÑO DE ARQUITECTURA Y ESTRUCTURA

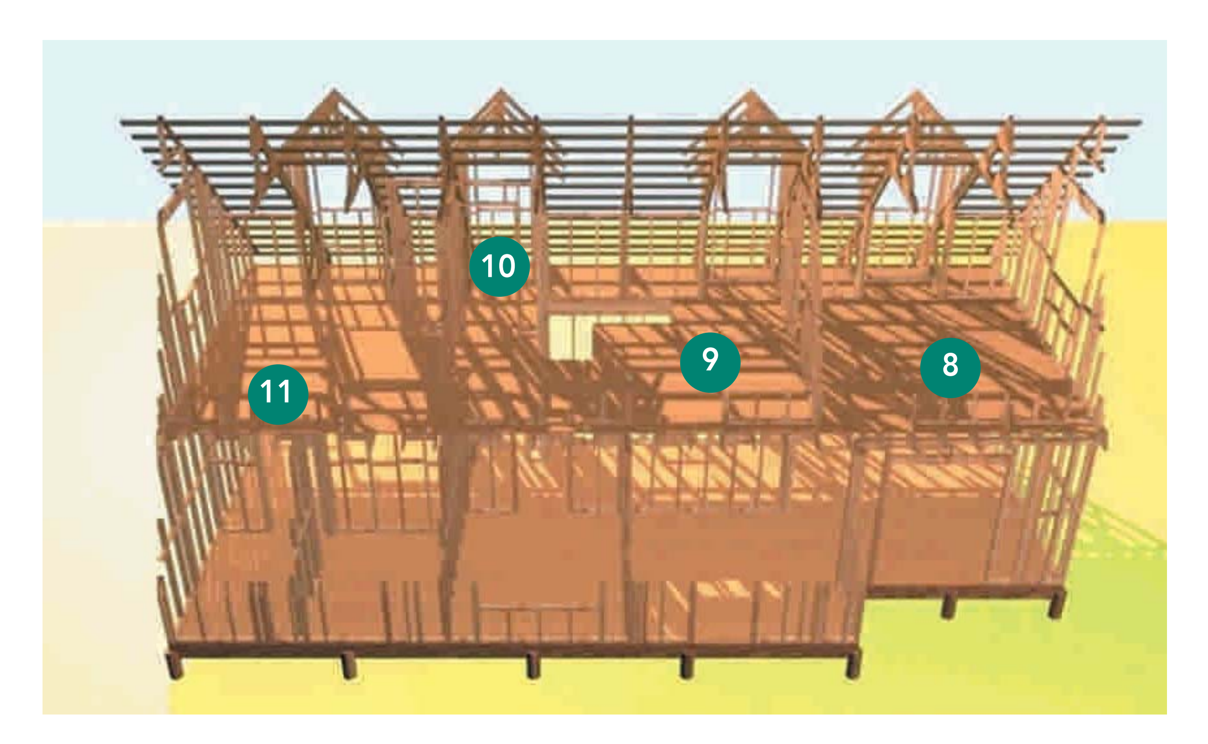


CORTE VIVIENDA TIPO EN VISITA A OBRA PISO 1°

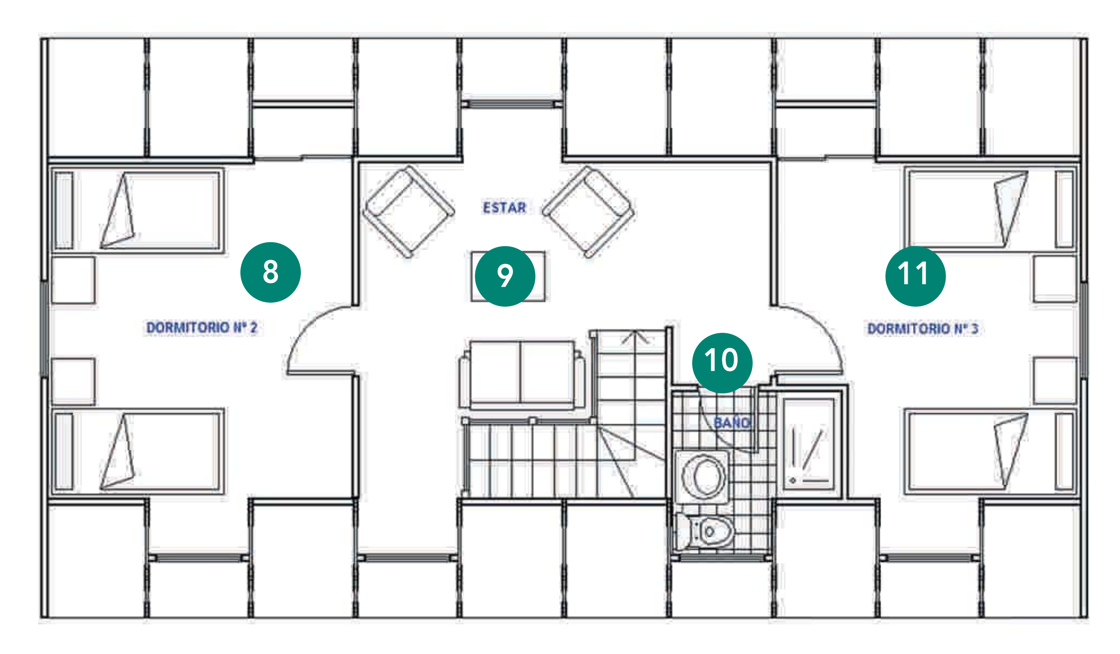


PLANO PLANTA ARQUITECTURA PISO 1°

1.- ESTAR
2.- COMEDOR
3.- COCINA
4.- BAÑO DORMITORIO
5.- W. CLOSET

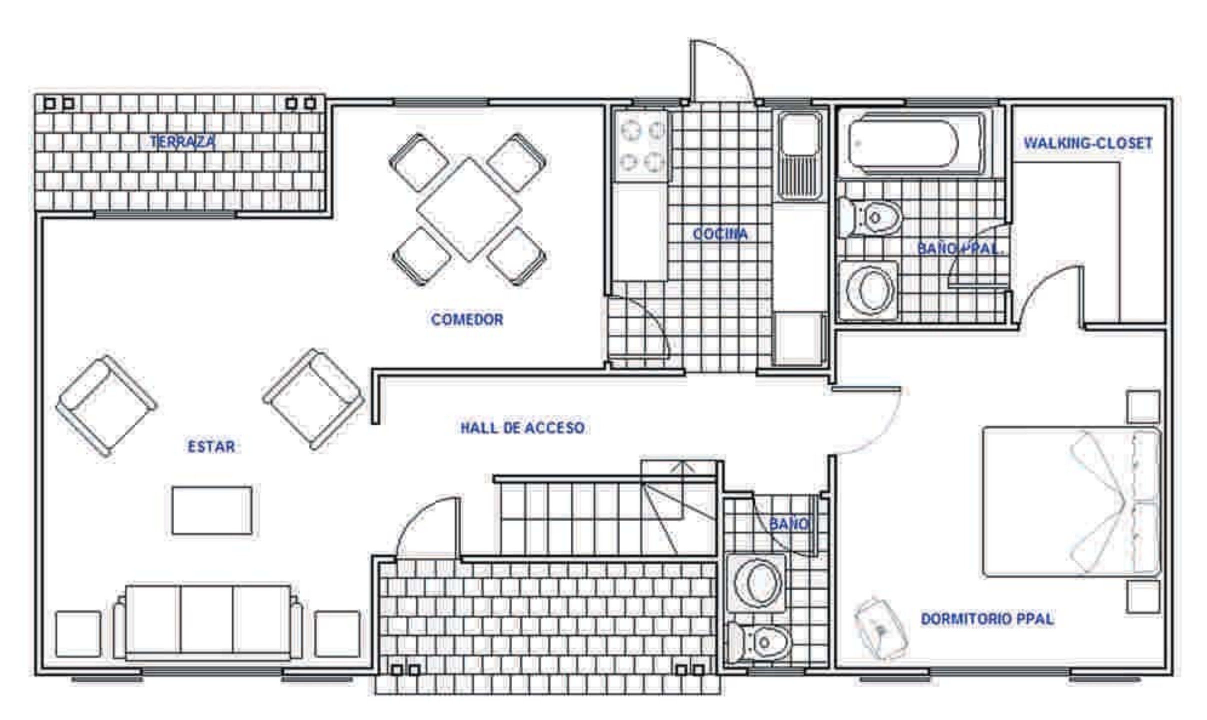


CORTE VIVIENDA TIPO EN VISITA A OBRA 2° PISO



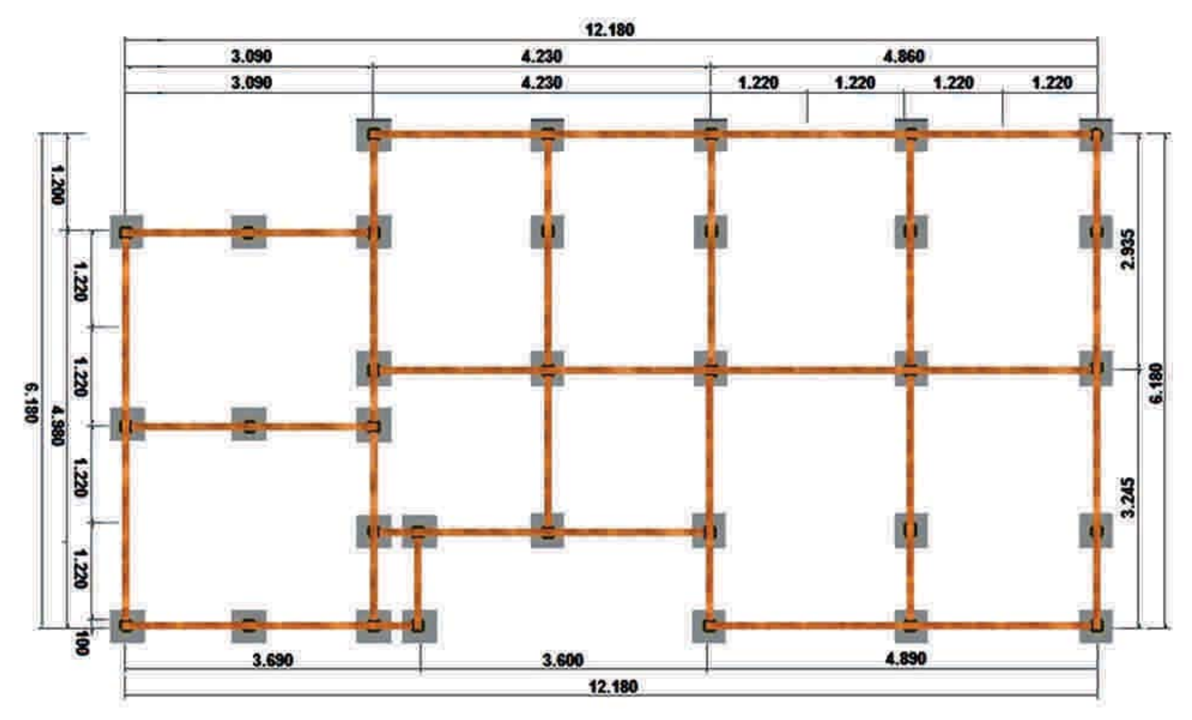
PLANO PLANTA ARQUITECTURA 2° PISO

8.- DORMITORIO N° 2
9.- SALA DE ESTAR
10.- ESCALERA
11.- DORMITORIO N° 3

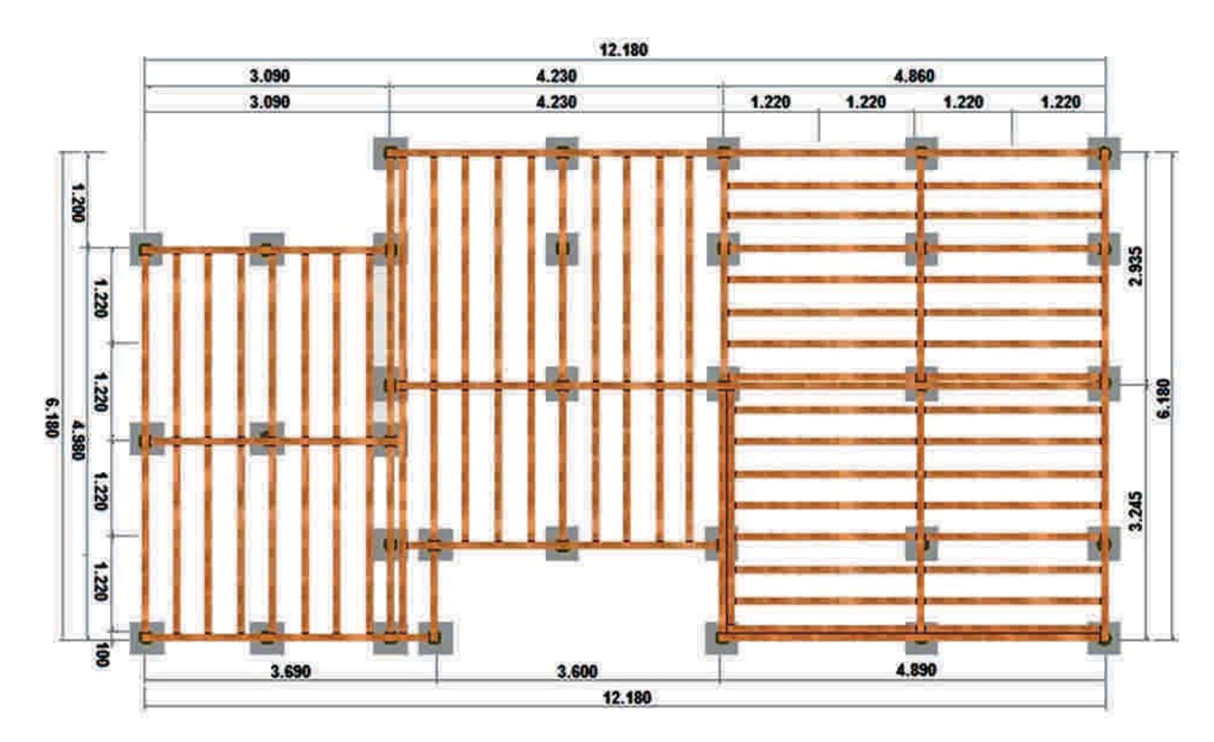


PLANO PLANTA DE ARQUITECTURA PISO 1°

El criterio para la ubicación de los pilotes considera largos comerciales de las vigas principales con escuadrías, composición de cargas y esfuerzos que se deben trasladar al subsuelo. Se obtiene el plano de vigas principales con sus respectivos ejes, los que ortogonalmente se replantearán en el terreno, para proceder a la excavación de cada una de las fundaciones aisladas de los pilotes.

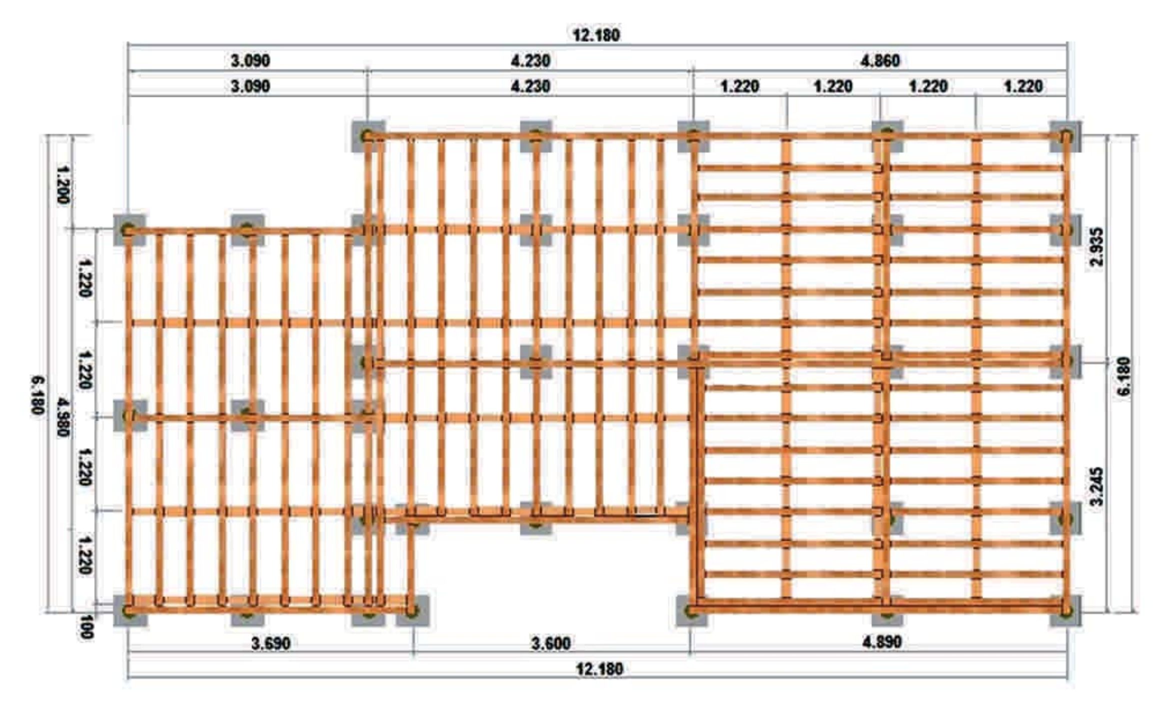


PLANO DE DISPOSICION DE VIGAS PRINCIPALES Y PILOTES

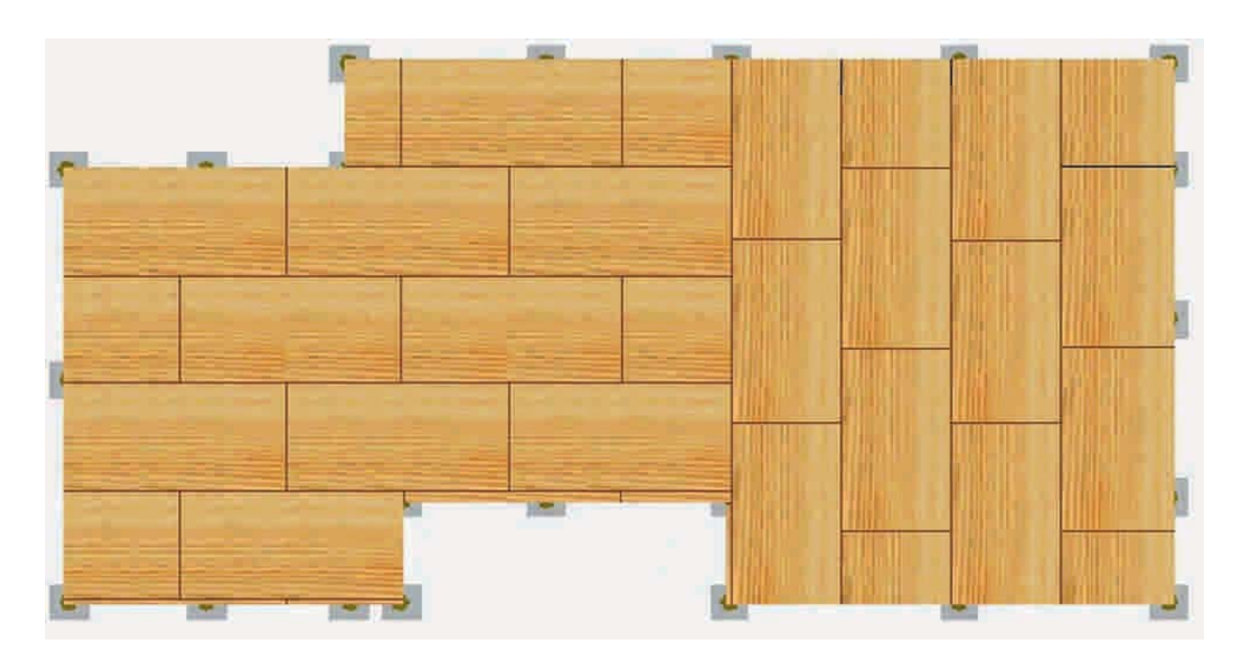


PLANO DE DISPOSICION DE LAS VIGAS SECUNDARIAS

En los dos planos se muestran por separado las vigas secundarias piezas de madera de Pino radiata de grado estructural según especificaciones técnicas, escuadrías de 2" x 8" o 2" x 10" de largos según cálculo y disponibilidad comercial, ubicadas a una distancia de 407 mm entre ejes, y borde a eje en cada perímetro.Cadenetas de madera de Pino radiata de grado estructural según especificaciones técnicas, y escuadría similar a las vigas, disposición a la mitad del largo de las vigas secundarias, que considera además las dimensiones de las placas de arriostramiento para que éstas se fijen a la estructura según patrón de clavado.

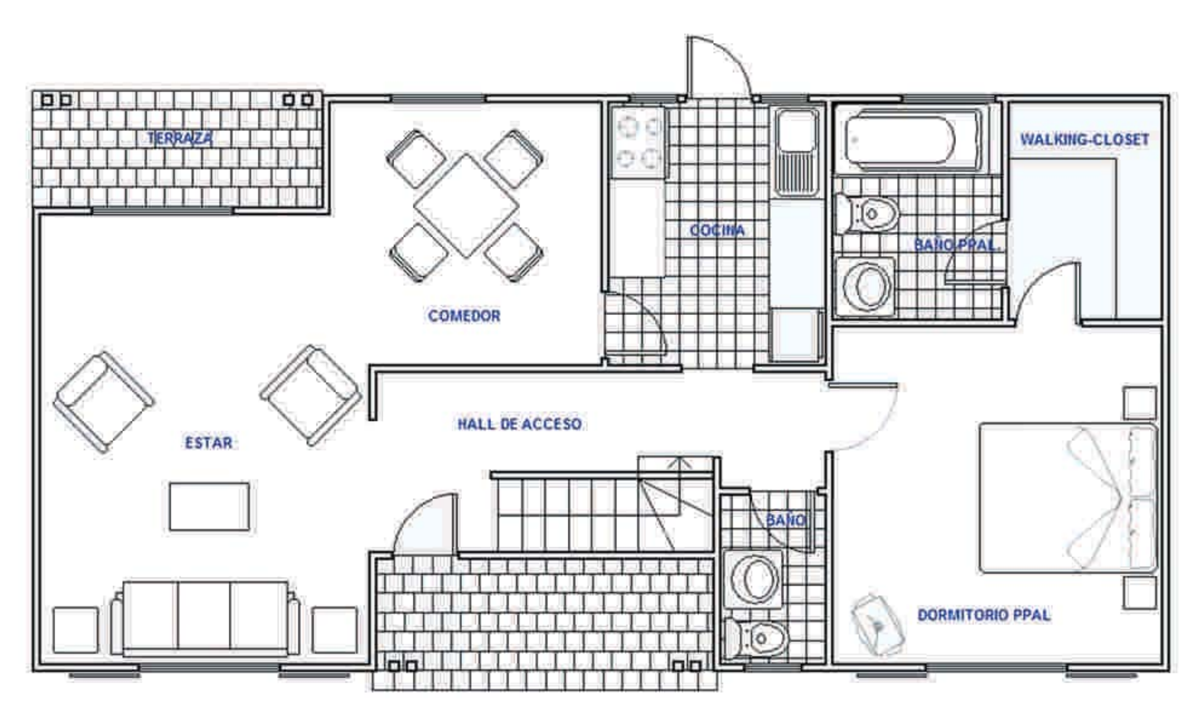


PLANO DE DISPOSICION DE LAS CADENETAS ESTRUCTURALES

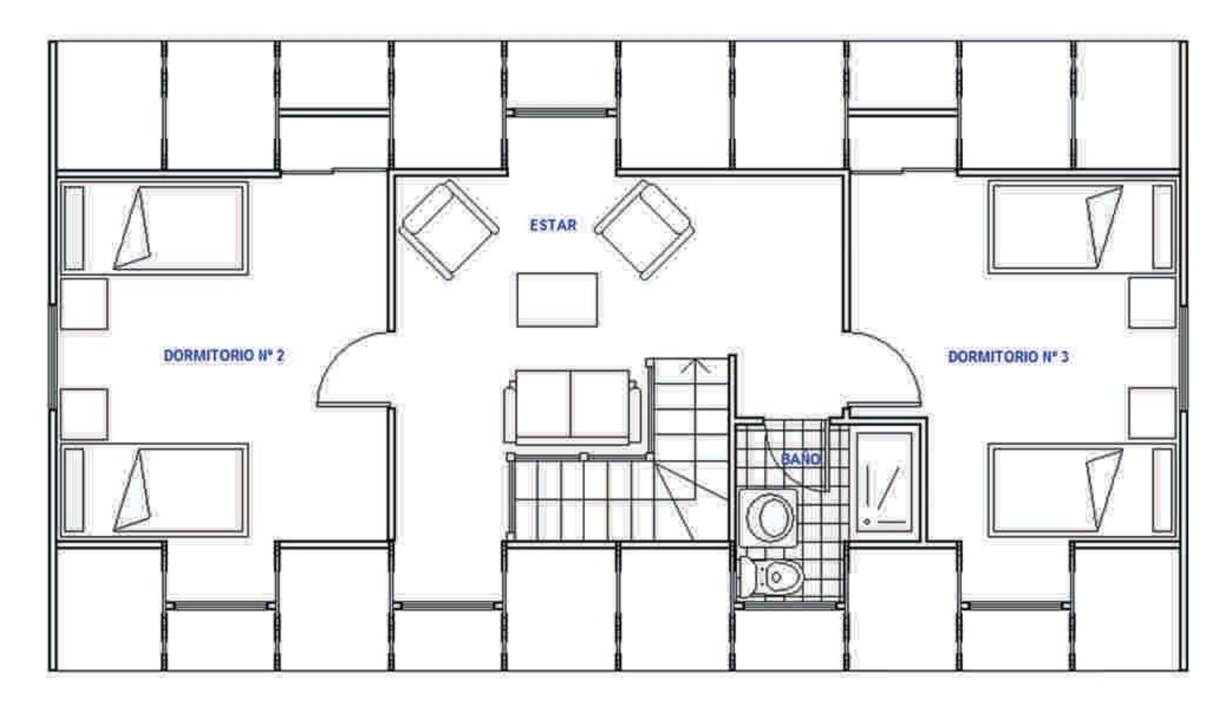


PLANO DE DISPOSICION DE LAS VIGAS SECUNDARIAS

Plano con distribución y disposición de las placas estructurales según el sentido de las vigas secundarias. La disposición trabada a media longitud permite un arriostramiento satisfactorio. Se debe considerar una separación perimetral entre placas de 2 a 3 mm como junta de dilatación. El patrón de clavado es el que se expuso en el punto 9.3.3.4, con y sin adhesivo, iniciando el clavado desde el centro de la placa hacia los extremos.

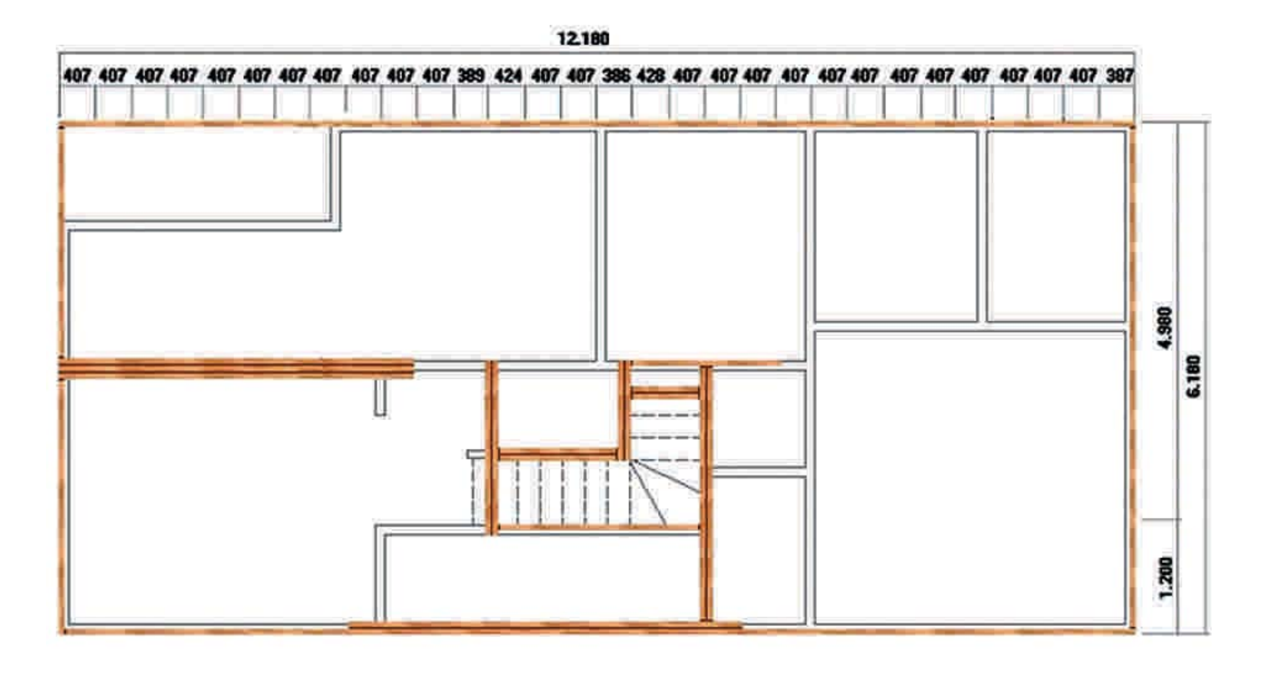


PLANO PLANTA DE ARQUITECTURA PISO 1°

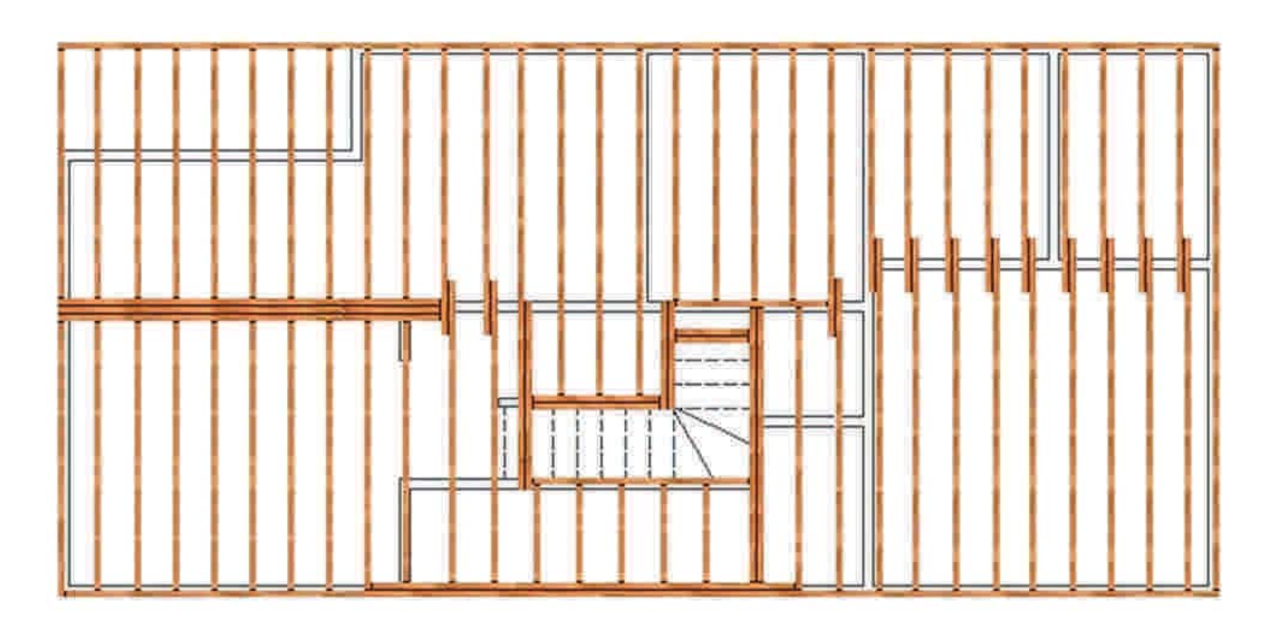


PLANO PLANTA DE ARQUITECTURA 2° PISO

Plano que muestra las vigas friso (vigas principales perimetrales) y las vigas compuestas que permiten el apoyo necesario de las vigas secundarias sobre el estar principal del primer piso. Vigas cabezales, que refuerzan la pasada de la escalera y el porche de la entrada principal.

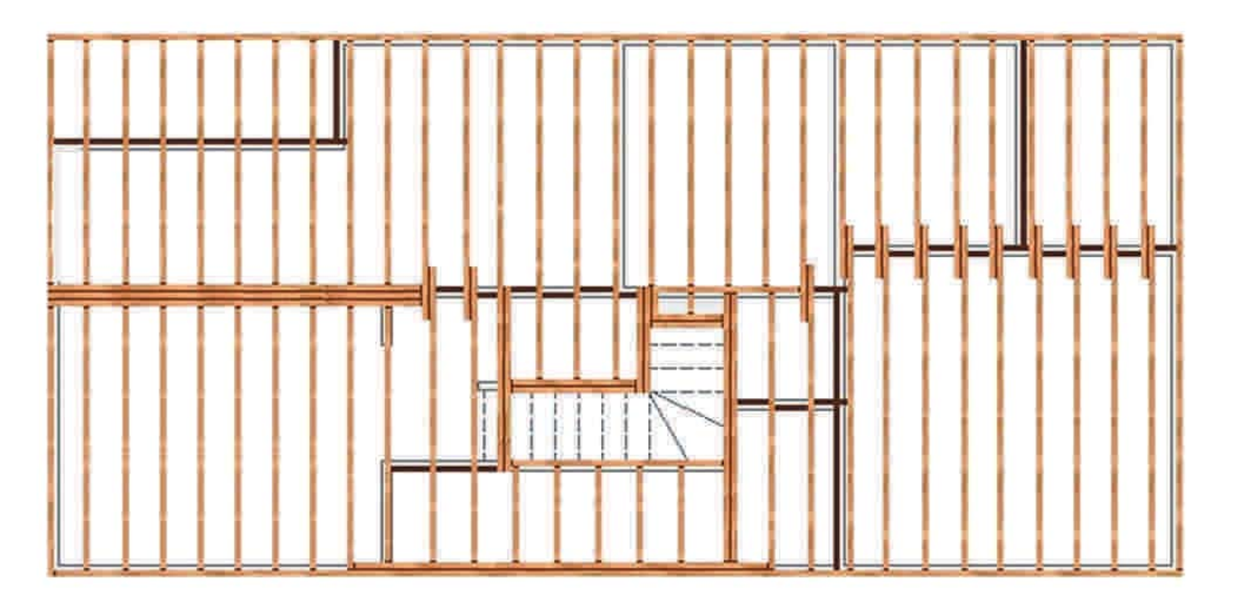


PLANO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES PRINCIPALES

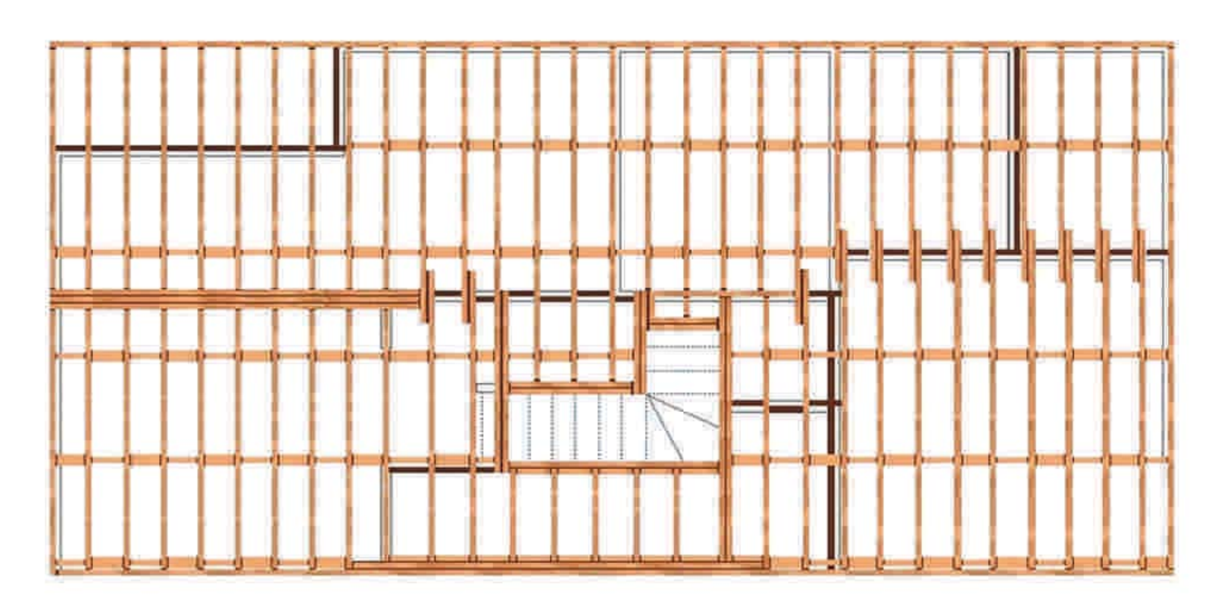


PLANO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES SECUNDARIOS

En los dos planos se muestran por separado las vigas secundarias, piezas de madera de Pino radiata de grado estructural, escuadrías de 2" x 8" o 2" x 10" de largos según cálculo y disponibilidad comercial, ubicadas a una distancia de 407 mm entre ejes, y borde a eje en cada perímetro. Además se disponen piezas de igual escuadrías a las vigas, como elementos parallamas en los sectores requeridos y lograr compartimentalizar los recintos y estructura.

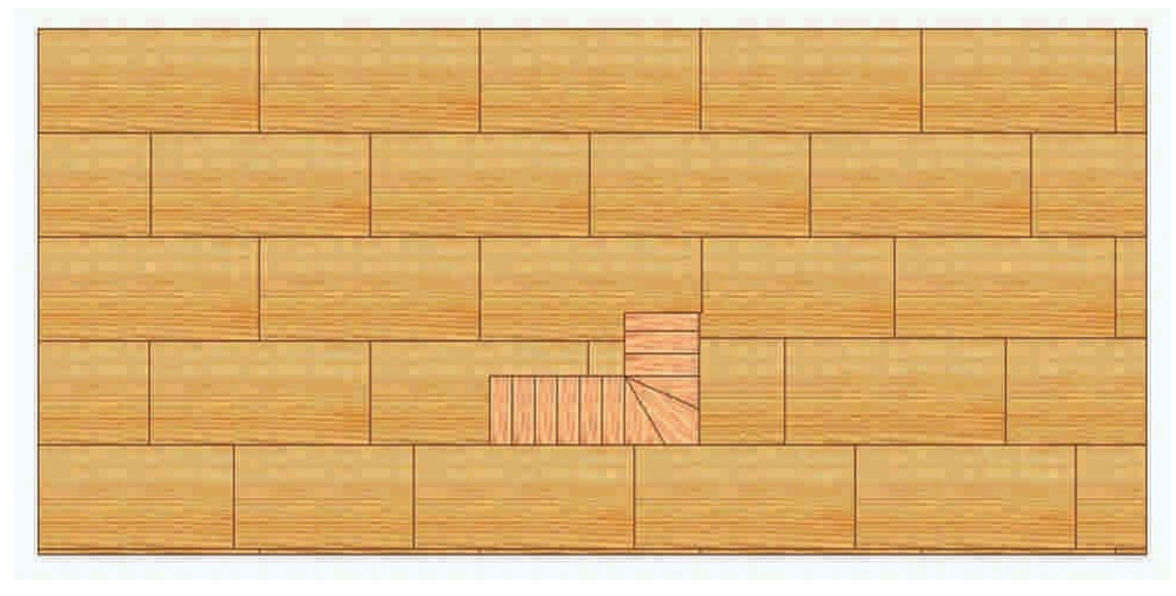


PLANO DE UBICACIÓN DE ELEMENTOS PARALLAMAS
(Compartimentación de recintos y estructura)

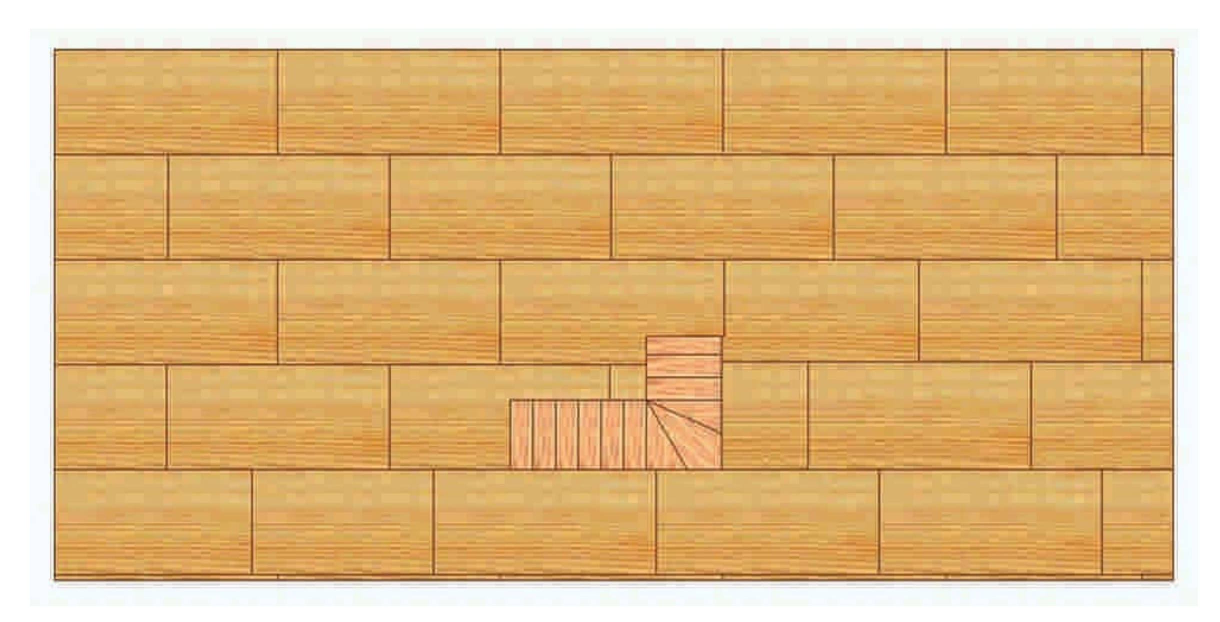


PLANO DE DISPOSICION DE CADENETAS ESTRUCTURALES Y APOYO PARA TABLERO ESTRUCTURAL DE ARRIOSTRAMIENTO

Cadenetas de Pino radiata de grado estructural según especificaciones técnicas, y escuadría similar a las vigas. Disposición a la mitad del largo de las vigas secundarias, que considera además las dimensiones de las placas de arriostramiento, para que éstas se fijen a la estructura según patrón de clavado. Plano con distribución y disposición de las placas estructurales según el sentido de las vigas secundarias. La disposición trabada a media longitud permite un arriostramiento satisfactorio.Se debe considerar una separación perimetral entre placas de 2 a 3 mm como junta de dilatación. El patrón de clavado es el que se expuso en el punto 9.3.3.4, con y sin adhesivo, iniciando el clavado desde el centro de la placa hacia los extremos.

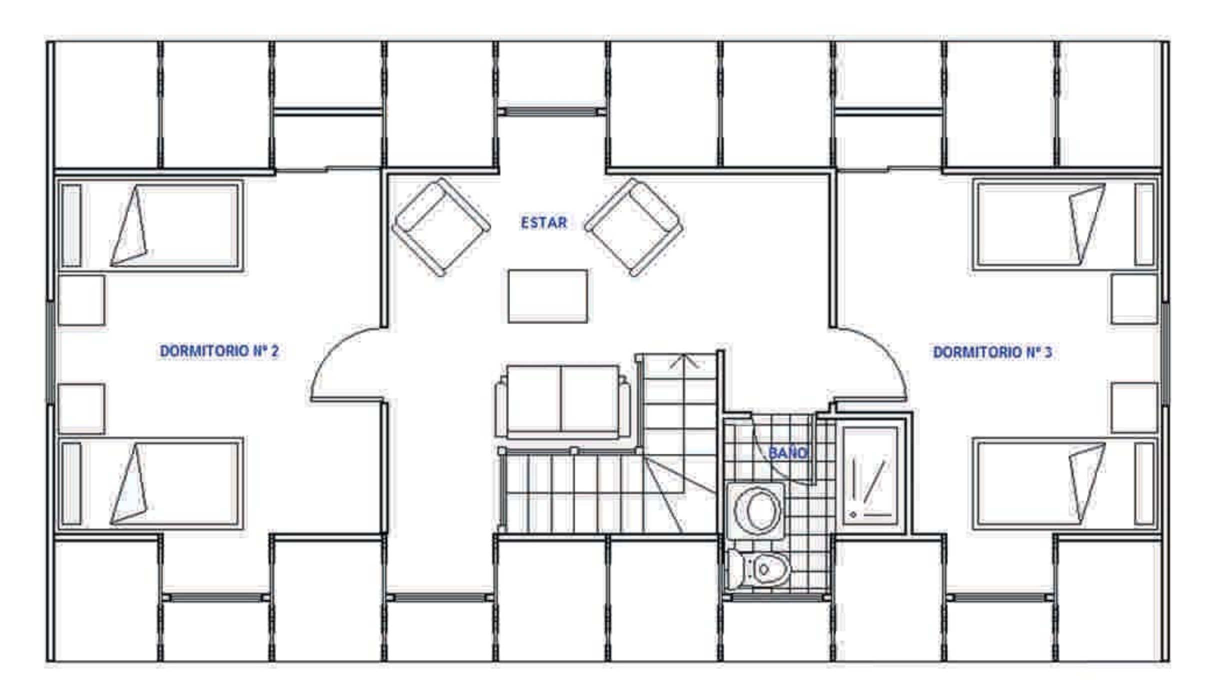


PLANO DE DISPOSICION Y DISTRIBUCION DE TABLEROS ARRIOSTRANTES DEL PISO 2°



PLANO DISPOSICION Y DISTRIBUCION DE PLACAS ARRIOSTRANTES PISO 2°

La distribución y disposición de las placas estructurales, según el sentido de las vigas secundarias, cubre la totalidad de la superficie del segundo nivel. Superficie donde se ubicarán las cerchas habitables, que dan solución a la techumbre del prototipo presentado y serán la base para la solución de pavimento especificado.



PLANO PLANTA DE ARQUITECTURA 2° PISO

BIBLIOGRAFIA

- Ambroser, J; Parker, H, "Diseño Simplificado de Estructuras de Madera", 2° Edición, Editorial Limusa S.A de C.V, México D.F, México, 2000.

- American Forest & Paper Association, "Manual for Engineered Wood Construction", Washington D.C, EE.UU., 2001.

- American Forest & Paper Association, ASD, "Manual for Engineered Wood Construction", AF&PA, Washington D.C, EE.UU.,1996.

- American Plywood Association, "Noise-rated Systems", EE.UU., 2000.

- American Plywood Association, "Wood Reference Handbook", Canadian Wood Council, Canadá, 1986.

- American Plywood Association, "Guía de Madera Contrachapada", Chile, 1982.

- American Plywood Association, "Madera Contrachapada de EE.UU. para pisos, murallas y techos", Canadá, 1982.

- American Plywood Association, "Construcción para resistir huracanes y terremotos", Chile, 1984.

- Arauco, "Ingeniería y Construcción en Madera", Santiago, Chile, 2002.

- Ball, J; "Carpenter and builder library, foundations-layouts-framing", v.3, 4° Edición, Editorial Indiana, 1977.

- Branz, "House Building Guide", Nueva Zelanda, 1998.

- Breyer, D; Fridley, K; Cobeen, K, "Design of wood structures" ASD, 4° Edición, Editorial Mc Graw Hill, EE.UU., 1999.

- Building Design & Construction, "Wood-framed building rising to greater heights", v.32 (2):77, Feb. 1991.

- Code NFPA, "Building Energy", EE.UU., 2002.

- Canada Mortgage and Housing Corporation, CMHC, "Manual de Construcción de Viviendas con Armadura de Madera – Canadá", Publicado por CMHC, Canadá, 1998.

- Canada Mortgage and Housing Corporation, CMHC, "Woodframe Envelopes in the Coastal Climate of British Columbia", Publicado por CMHC, Canadá, 2001.

- Canadian Wood Council, "Introduction to Wood Design", Ottawa, Canadá, 1997.

- Canadian Wood Council, "Wood Design Manual", Ottawa, Canadá, 2001.

- Canadian Wood Council, "Introduction to wood building technology", Ottawa, Canadá, 1997.

- Carvallo, V; Pérez, V, "Manual de Construcción en Madera", 2° Edición, Instituto Forestal – Corporación de Fomento de la Producción, Santiago, Chile, Noviembre 1991.

- Thallon, R; "Graphic Guide to Frame Construction Details for Builder and Designers", The Taunton Press, Canadá, 1991.

- D.F.L. N° 458 y D.S N° 47 Ley y Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU).

- Echeñique, R; Robles, F, "Estructuras de Madera", Editorial Limusa, Grupo Noriega editores, México, 1991.

- Espinoza, M; Mancinelli, C, "Evaluación, Diseño y Montaje de Entramados Prefabricados Industrializados para la Construcción de Viviendas", INFOR, Concepción, Chile, 2000.

- Faherty, K; Williamson, T, "Wood Engineering and Construction Handbook", 2° Edición, Editorial Mc Graw Hill, EE.UU., 1995.

- Goring, L.J; Fioc, LCG, "First-Fixing Carpentry Manual", Longman Group Limited, Inglaterra, 1983.

- Goycolea, R; Hempel, R, "Entramados Horizontales" Cuaderno N°3, Universidad del Bío-Bío, Editorial Aníbal Pinto S.A, Concepción, Chile.

- Guzmán, E; "Curso Elemental de Edificación", 2° Edición, Publicación de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, Santiago, Chile, 1990.

- Hageman, J, "Contractor's guide to the building code", Craftsman, Carlsbad, California, EE.UU., 1998.

- Hanono, M, "Construcción en Madera", CIMA Producciones Gráficas y Editoriales, Río Negro, Argentina, 2001.

- Heene, A; Schmitt, H, "Tratado de Construcción", 7° Edición Ampliada, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.

- Hempel, R; Goycolea R, "Entramados horizontales" Cuaderno N°3, Universidad del Bío Bío, Editado por Universidad del Bío Bío, Concepción, Chile, 1988.

- Hempel, R; Poblete, C, "Vigas" Cuaderno N°8, Universidad del Bío Bío, Editorial Aníbal Pinto S.A, Concepción, Chile.

- Lewis, G; Vogt, F, "Carpentry", 3° Edición, Delmar Thomson Learning, Inc., Nueva York, EE.UU., 2001.

- Neufert, E, "Arte de Proyectar en Arquitectura", 14° Edición, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.

- Primiano, J; "Curso Práctico de Edificación con Madera", Editorial Construcciones Sudamericanas, Buenos Aires, Argentina, 1998.

- Simpson Strong-Tie Company, Inc., "Catálogo de Conectores Metálicos Estructurales", 2000.

- Spence, W; "Residencial Framing", Sterling Publishing Company, Inc., Nueva York, EE.UU., 1993.

- Stungo, N; "Arquitectura en Madera", Editorial Naturart S.A Blume, Barcelona, España, 1999.
- Villasuso; B, "La Madera en la Arquitectura", Editorial El Ateneo Pedro García S.A, Buenos Aires, Argentina, 1997.
- Wagner, J, "House Framing", Creative Homeowner, Nueva Jersey, EE.UU., 1998.
- www.corma.cl (Corporación Chilena de la Madera).
- www.canadianrockport.com (Canadian Rockport Homes Ltd.).
- www.minvu.cl (Ministerio de Vivienda y Urbanismo).
- www.lsuagcenter.com (Anatomía y física de la madera).
- www.lpchile.cl (Louissiana Pacific Ltda.).
- www.douglashomes.com (Douglas Homes).
- www.inn.cl (Instituto Nacional de Normalización).
- www.fpl.fs.fed.us (Forest Products Laboratory U.S. Department of Agriculture Forest Service).
- www.citw.org (Canadian Institute of Treated Wood).
- www.pestworld.org (National Pest Management Association).
- www.durable-wood.com (Wood Durability Web Site).
- www.forintek.ca (Forintek Canada Corp.).
- NCh 173 Of.74 Madera –Terminología General.
- NCh 174 Of.85 Maderas–Unidades empleadas, dimensiones nominales, tolerancias y especificaciones.
- NCh 177 Of.73 Madera - Planchas de fibras de madera. Especificaciones.
- NCh 178 Of.79 Madera aserrada de pino insigne clasificación por aspecto.
- NCh 724 Of.79 Paneles a base de madera. Tableros. Vocabulario.
- NCh 789/1 Of.87 Maderas – Parte 1: Clasificación de maderas comerciales por su durabilidad natural.
- NCh 973 Of 1986 Madera – Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de compresión paralela.
- NCh 974 Of 1986 Madera – Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de compresión perpendicular a las fibras.
- NCh 975 Of 1986 Madera – Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de tracción perpendicular a las fibras.
- NCh 976 Of 1986 Madera – Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de cizalle paralelo a las fibras.
- NCh 977 Of 1986 Madera – Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de clivaje.
- NCh 978 Of 1986 Madera – Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de dureza.
- NCh 979 Of 1986 Madera – Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de extracción de clavo.
- NCh 986 Of 1986 Madera – Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de tenacidad.
- NCh 987 Of 1986 Madera – Determinación de las propiedades mecánicas – Ensayo de flexión estática.
- NCh 992 E Of.74 Madera - Defectos a considerar en la clasificación, terminología y métodos de medición.
- NCh 993 Of.72 Madera- Procedimiento y criterios de evaluación para clasificación.
- NCh 1198 Of.91 Madera – Construcciones en madera – Cálculo.
- NCh 1207 Of.90 Pino Radiata - Clasificación visual para uso estructural - Especificaciones de los grados de calidad.
- NCh 1970/2 Of.88 Maderas Parte 2: Especies coníferas – Clasificación visual para uso estructural- Especificaciones de los grados de calidad.
- NCh 1989 Of.86 Mod.1988 Madera–Agrupamiento de especies madereras según su resistencia. Procedimiento.
- NCh 1990 Of.86 Madera–Tensiones admisibles para madera estructural.


CORPORACION CHILENA DE LA MADERA
CORMA
CHILE PAIS FORESTAL

Unidad 10

ENTRAMADOS VERTICALES



Centro de Transferencia Tecnológica

Unidad 10

UNIDAD 10

ENTRAMADOS VERTICALES

10.1 INTRODUCCIÓN

Para efectos del presente manual, en lo que se refiere a entramados verticales de madera, se utilizarán los conceptos y definiciones establecidos en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC).

10.2 DEFINICIÓN

Los tabiques son elementos entramados compuestos por piezas verticales y horizontales de madera que se distribuyen de forma similar e independiente del tipo de servicio que presten, ya sea como elemento constructivo resistente o de separación entre recintos.

10.2.1. Clasificación según su función resistente
Según su capacidad soportante los entramados verticales se pueden clasificar en:

10.2.1.1 Tabique soportante
Es todo elemento vertical (entramado de madera) que forma parte de la estructura resistente de la vivienda.

Es un tabique diseñado para soportar cargas estáticas y dinámicas. Las primeras son aquellas producidas y aportadas por:

- Estructura de techumbre con solución de cubierta
- Entramados verticales de niveles superiores
- Entramado de entrepiso
- Sobrecargas de uso
- Peso propio
- Nieve y otros

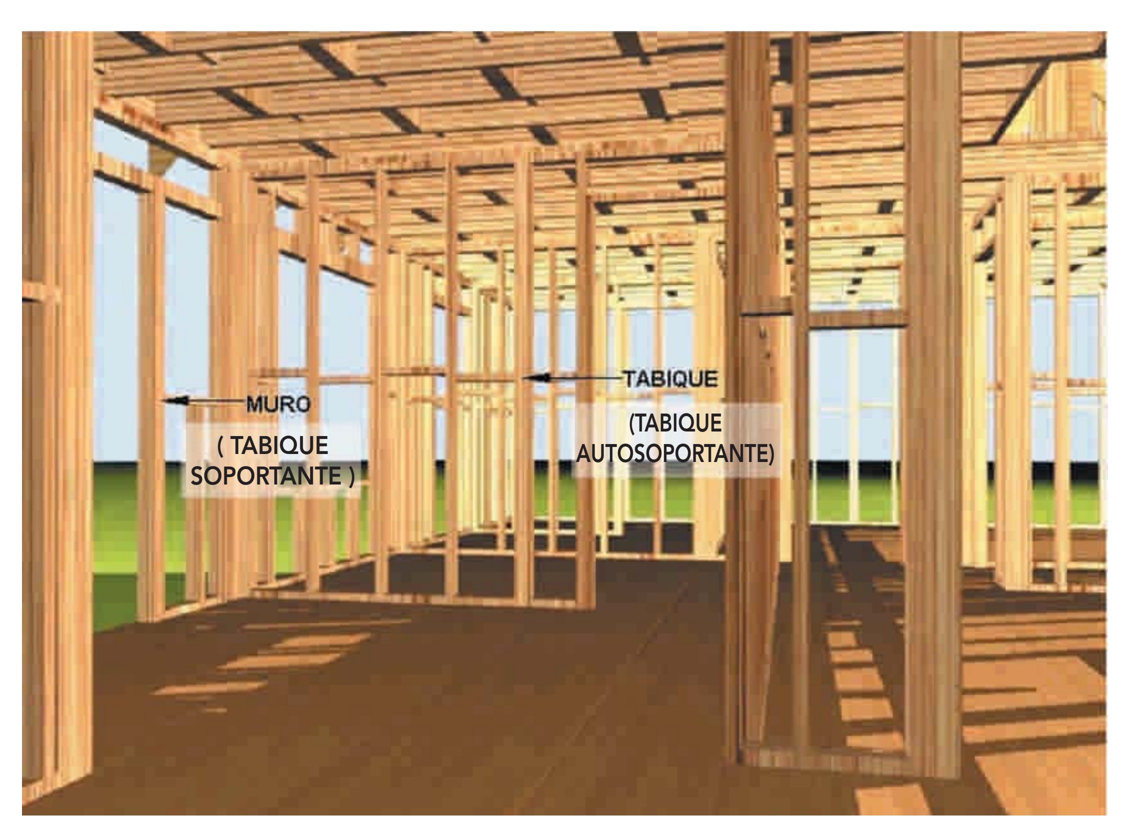


Figura 10 - 1: Vista general de tabiques interiores y perimetrales que conforman una vivienda estructurada en madera. Muros o tabiques soportantes que se ubican normalmente en el perímetro y en algunos lineamientos interiores según cálculo. Tabiques autosoportantes son los que separan diferentes ambientes interiores y soportan su propio peso.

Las dinámicas o cargas horizontales de empuje son provocadas por:

- Acción del viento
- Sismo



Figura 10 – 2a: Elevación de un tabique soportante de madera prefabricado, cuyo diseño considera como componente arriostrante la utilización de tablero contrachapado o de hebras orientadas (OSB). Vista por el interior.



Figura 10 – 2b: Elevación exterior de un tabique soportante estructural prefabricado montado sobre su plataforma base.

10.2.1.2. Tabique autosoportante

Es todo elemento vertical que cumple funciones de separación entre los recintos interiores de una vivienda y que sólo puede recibir cargas de magnitud reducida. Aún cuando no requiere de piezas arriostrantes, es recomendable incorporar aquellos componentes que ayudan a la adecuada fijación de muebles colgantes de tipo mural, soportes de clóset, artefactos, cañerías y ductos de instalaciones básicas en la vivienda.



Figura 10 - 3a: Elevación de un tabique autosoportante prefabricado.

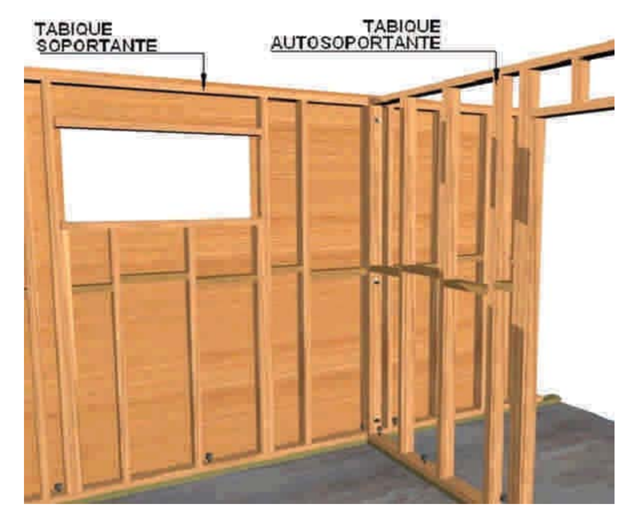


Figura 10 - 3b: Encuentro normal entre tabique soportante perimetral con tabique interior autosoportante.



10.2.2. Clasificación según su ubicación

10.2.2.1. Tabiques soportantes perimetrales
Son aquellos que conforman todo el perímetro exterior en forma continua y cerrada con una de sus caras expuestas a la intemperie y son parte de la estructura resistente de la vivienda.

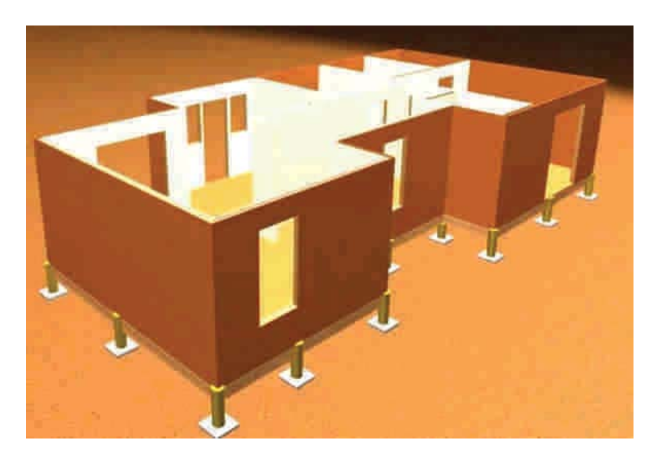


Figura 10 - 4: Primer piso de una vivienda con sus muros perimetrales alzados (tabiques soportantes).

10.2.2.2 Tabiques soportantes interiores
Son aquellos que están diseñados para resistir cargas en el interior de la vivienda provenientes desde niveles superiores, y al mismo tiempo, la transmisión de esfuerzos horizontales producidos por sismo o viento y son parte de la estructura resistente.

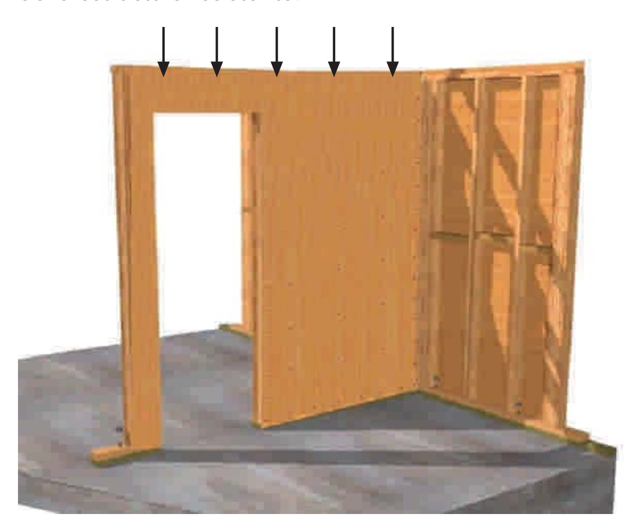


Figura 10 - 5: Encuentro de un tabique soportante interior con tabique soportante perimetral.

10.2.2.3 Tabique autosoportante interior
En general, un tabique autosoportante siempre va dispuesto en el interior de la vivienda, ya que sólo cumple funciones como elemento separador entre ambientes o recintos de la misma.

10.3 COMPONENTES DE LOS ENTRAMADOS VERTICALES

Los tabiques están conformados por un conjunto de piezas que cumplen funciones específicas.

10.3.1 Componentes principales:
Son aquellos utilizados para estructurar el elemento completo en su fase de armado o prefabricación.

Las piezas principales que conforman los tabiques son: (Figura 10- 6)

1 Solera inferior
2 Pie derecho
3 Solera superior
4 Transversal cortafuego (cadeneta)
5 Jamba
6 Dintel
7 Alféizar
8 Puntal de dintel
9 Muchacho

Figura 10 - 6: Piezas principales que componen un entramado vertical.

10.3.1.1 Solera inferior

Pieza horizontal inferior que fija, por medio de uniones clavadas, todas las piezas verticales tales como pie derecho, jambas y muchachos. Su función principal es distribuir las cargas verticales hacia la plataforma.

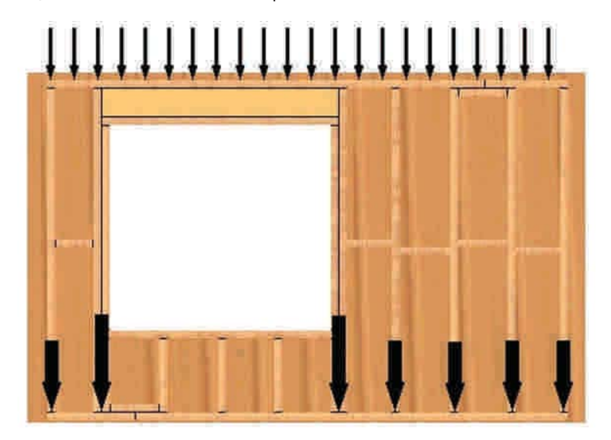


Figura 10 - 7: Esquema de distribución de cargas verticales desde niveles superiores a pie derecho, y de estos a solera inferior.

En el caso que la solera inferior del tabique vaya anclada sobre una plataforma de hormigón, dicha pieza debe cumplir con dos requisitos básicos para garantizar su resistencia y durabilidad:

- **Aislación de la humedad:**
  Que proviene del contacto directo con la superficie de hormigón. Por ejemplo, mediante una doble lámina de fieltro asfáltico de 15 libras u otro sistema de características similares (Figura 10-8).

- **Preservación:**
  Impregnación con sales de CCA por métodos de presión y vacío a un contenido mínimo de 4 kg/m3 de óxidos activos, según se establece en la norma chilena NCh 819 (Figura 10-8).

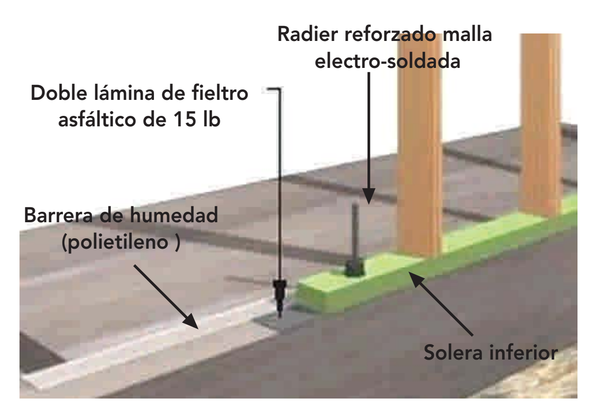


Figura 10 – 8: Barrera de humedad (polietileno) que aísla de la humedad por capilaridad en contacto con el terreno al radier de hormigón de plataforma del primer piso. Doble lámina de fieltro asfáltico de 15 libras que protege a la solera inferior del tabique.

10.3.1.2 Pie derecho

Pieza vertical unida por medio de fijaciones clavadas entre las soleras superior e inferior. Su principal función es transmitir axialmente las cargas provenientes de niveles superiores de la estructura (Figura 10 - 7). En el caso de los tabiques auto-soportantes, sólo cumple con la función de ser el componente al cual se fijan las placas de revestimiento, muebles o elementos de equipamiento.

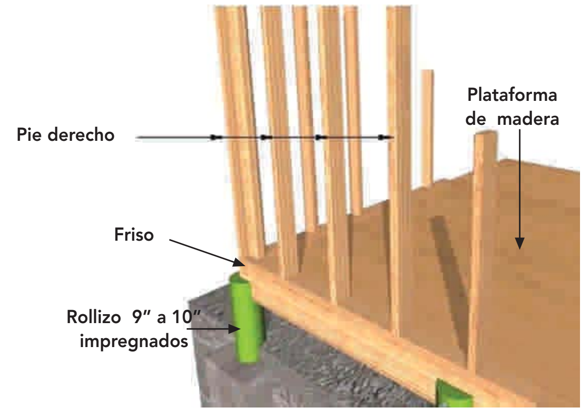


Figura 10 - 9: Pie derecho, piezas verticales de escuadría 2" x 3" (41 mm por 65 mm) o 2" x 4" (41 mm por 90 mm), que conforman en este caso el tabique soportante perimetral que se encuentra montado en plataforma de madera.

10.3.1.3 Solera superior

Pieza horizontal superior que une, por medio de uniones clavadas, todos los elementos verticales tales como pie derecho, jambas y puntales de dintel. Transmite y distribuye a los componentes verticales las cargas provenientes de niveles superiores de la vivienda.

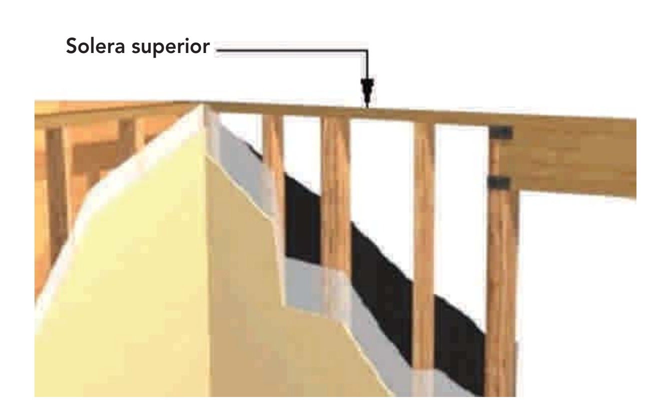


Figura 10 - 10: Solera superior de igual escuadría que los pie derecho, en este caso de muros perimetrales.

10.3.1.4 Transversal cortafuego

Pieza componente que separa el espacio entre dos pie derecho en compartimientos estancos independientes. También es llamada "cadeneta". Su función consiste en bloquear la ascensión de los gases de combustión y retardar la propagación de las llamas por el interior del tabique en un eventual incendio. Permite, además, el clavado o atornillado de revestimientos verticales y ayuda a evitar el pandeo lateral de los pie derecho en el plano del tabique.

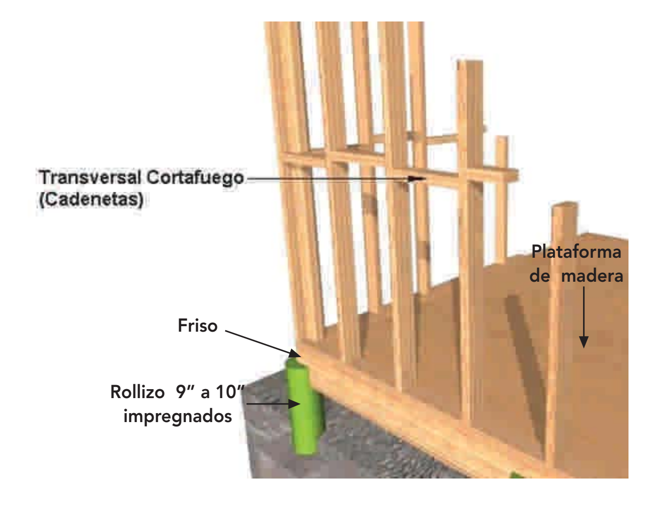


Figura 10 - 11: Ubicación de transversales cortafuego o "cadenetas" de igual escuadría a los pie derecho, en este caso de los muros perimetrales.

10.3.1.5 Dintel

Corresponde al conjunto de una o más piezas horizontales que soluciona la luz en un vano de puerta o ventana. En el caso de tabiques soportantes, puede tratarse de dinteles de ambos tipos de vano (Figura 10 - 12). En el caso de tabiques auto-soportantes, por lo general, se trata sólo de dinteles de puertas. Su estructuración dependerá de la luz y de la carga superior que recibe.

10.3.1.6 Alféizar

Pieza horizontal soportante en elementos de ventana (Figura 10 - 12). Por lo general es utilizado sólo en tabiques soportantes perimetrales. Su estructuración dependerá de la longitud o ancho del vano, tipo y materialidad de la ventana que se especifica.



Figura 10 - 12: Dintel macizo de ventana estructurado en piezas de 2" x 8" y disposición de alféizar de ventana.

10.3.1.7 Jamba (centro de ventana)

Pieza vertical soportante que complementa la estructuración de vanos en puertas y ventanas. Su función principal es apoyar la estructuración del dintel.

Otras funciones importantes son:

- Mejora la resistencia al fuego del vano como conjunto.
- Refuerza en forma colaborante, con su pie derecho de apoyo longitudinal, la rigidez necesaria para el cierre y abatimiento (eje pivotante) de puertas y ventanas.

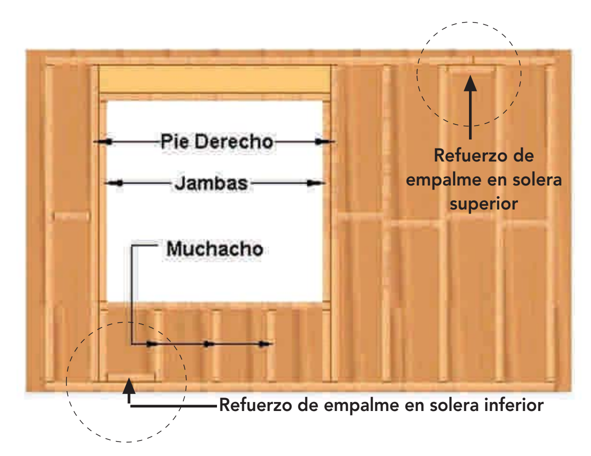


Figura 10 - 13a: Jambas soportantes de un dintel de ventana. Muchachos soportantes del alféizar de ventana. Se ilustra además, los refuerzos de empalme (en círculo) de soleras superior einferior.



Figura 10 - 13b: Jamba doble en cada costado de un vano cuando éste tiene una luz igual o superior a 200 cm.

- Cuando la luz de un vano exceda los 200 cm, la jamba de apoyo del dintel debe ser doble en cada costado del vano.

10.3.1.8 Puntal de dintel

En aquellos dinteles de luz no mayores que 80 cm, y siempre que no actúen cargas puntuales provenientes de niveles superiores, la unión entre estos, la solera superior y el dintel en un vano de puerta o ventana, puede ser resuelta por medio de piezas verticales de longitud menor denominadas "puntales de dintel", las que permitirán mantener, para efectos de modulación, la fijación de revestimientos por ambas caras del entramado.

10.3.1.9 Muchacho

Componente vertical que une el alféizar de un vano de ventana con la solera inferior, cumpliendo la misma función que un puntal de dintel.

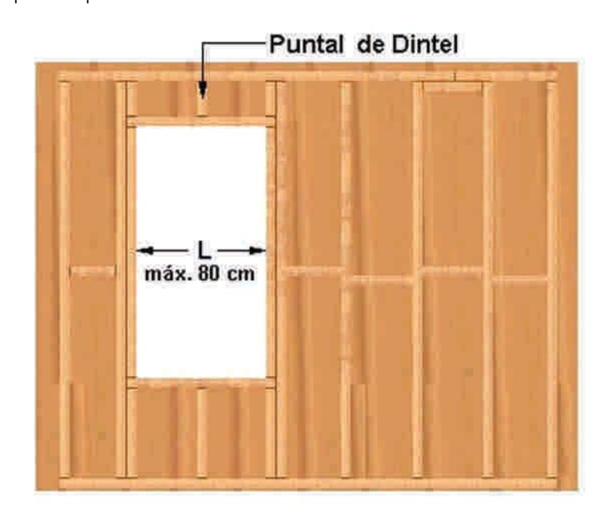


Figura 10 - 14: Puntal de dintel. En tabiques soportantes es utilizable en vanos con una luz no superior a 80 cm. En tabiques auto-soportantes puede ser utilizado en vanos de hasta 120 cm.

10.3.2 Componentes secundarios

Son aquellos que permiten anclar y fijar los tabiques, tanto inferior como superiormente. Se diferencian de las piezas principales en que éstas son incorporadas a la estructura en la fase de montaje o alzado de los tabiques.

10.3.2.1 Solera de montaje

Pieza horizontal de igual escuadría que la solera inferior del tabique. Se especifica cuando a la plataforma de hormigón o madera se le incorpora una sobrelosa de hormigón liviano, de 40 a 50 mm de espesor.

Sobre esta pieza se alzan y anclan los tabiques que conforman la vivienda.

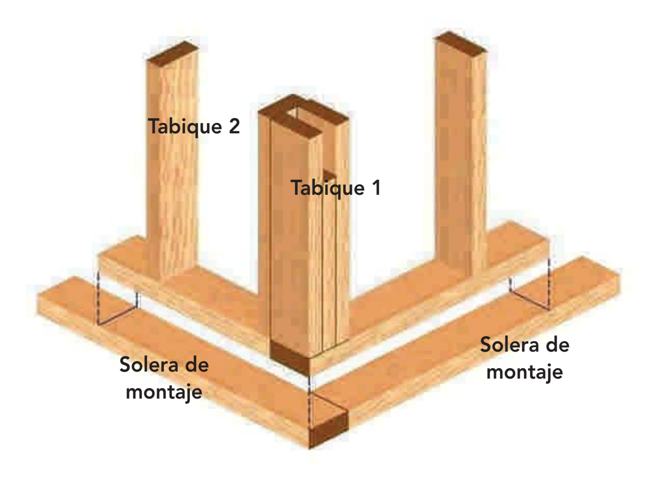


Figura 10 - 15: Solera de montaje que se ancla a la plataforma sobre la cual se alzará el tabique.

Si la superficie de la plataforma es hormigón, la pieza utilizada como solera basal de montaje debe considerar las mismas indicaciones de aislación y preservación descritas en el punto 10.3.1.1.

10.3.2.2 Solera de amarre

Pieza horizontal de igual escuadría que las principales (también llamada sobresolera), que cumple la función de amarrar los tabiques en su parte superior. La fijación de la solera de amarre a la solera superior se ejecuta por medio de uniones clavadas, alternadas cada 15 cm (Figuras 10 – 17 y 10 - 18).

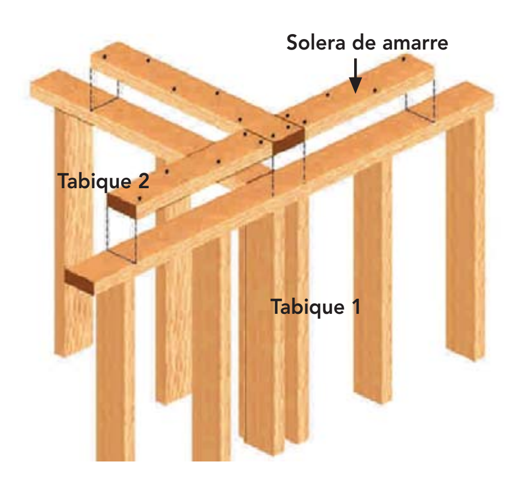


Figura 10 - 16: Solera de amarre o sobresolera que une un muro perimetral con un tabique interior.

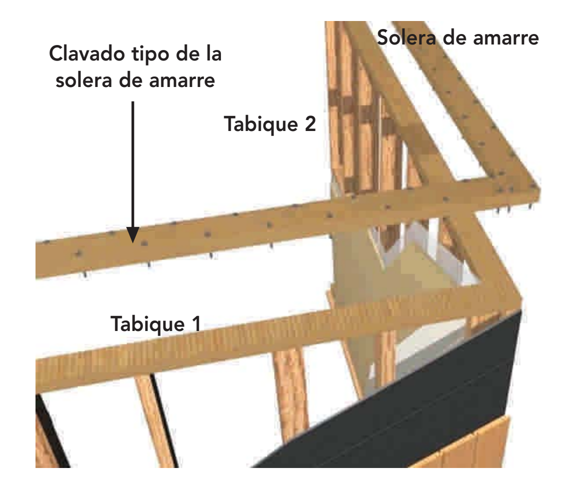


Figura 10 - 17: Solera de amarre en encuentro esquina, entre tabiques perimetrales soportantes. Clavos se ubican en forma alternada cada 15 cm.

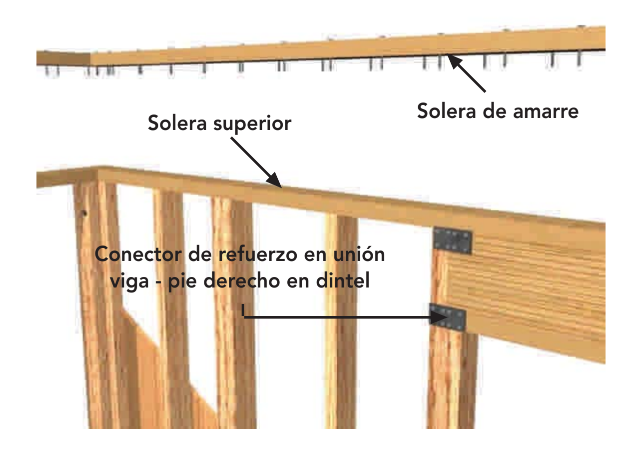


Figura 10 - 18: Perspectiva desde el interior que muestra la posición del clavado en la solera de amarre.

10.3.2.3 Cornijal

Pieza de sección cuadrada que se utiliza eventualmente en encuentros entre tabiques de tipo esquina. Las caras de estos elementos deben ser igual al ancho de piezas primarias y secundarias.

La finalidad de esta pieza es aportar mayor capacidad de soporte y, al mismo tiempo, entregar una mayor superficie de clavado.

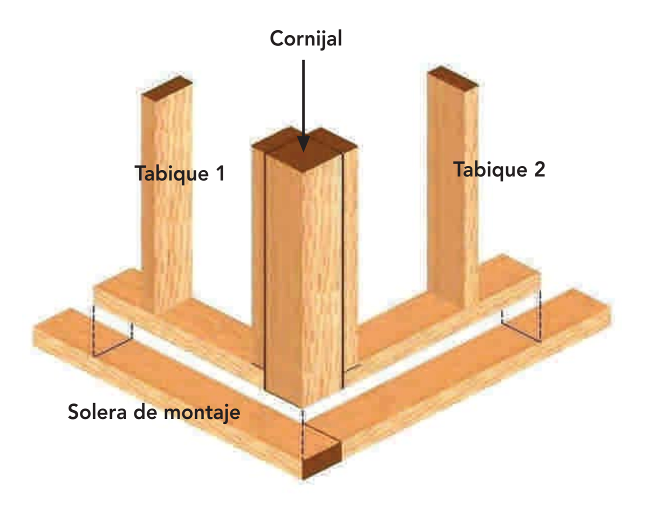


Figura 10 - 19: Cornijal para encuentro en esquina.

10.3.3 Componentes estructurales de los tabiques

Los tabiques soportantes son los principales elementos de la estructura resistente de la vivienda. Sus componentes son encargados de transmitir las cargas estáticas y dinámicas que afectan la edificación.

Por tal razón, debe realizarse una cuantificación del tipo y magnitud de las solicitaciones permanentes y eventuales, de modo que una vez en servicio, los tabiques soporten y cumplan con la función para la cual fueron diseñados.

Para lograr este objetivo, los tabiques soportantes requieren la incorporación de piezas o componentes arriostrantes, ya que sin ellos no presentarían resistencia a la tracción o a la deformación lateral, producto de la acción de cargas dinámicas.

Tradicionalmente, dicha condición ha sido resuelta incorporando piezas inclinadas de madera (diagonales estructurales), de distinta o igual escuadría que el resto de los componentes dentro de los planos paralelos del tabique. Otra posibilidad es la utilización de tensores o arriostramientos en perfiles de acero. Las alternativas de solución son:

10.3.3.1Diagonal estructural

Pieza de madera de escuadría igual al resto de los componentes del tabique, colocada en forma diagonal (ángulo de 45° ±15°) y en corte a media madera, con respecto a los pie derecho que componen el elemento. Se debe tener presente que, por cada diagonal puesta en una dirección, debe existir otra contrapuesta en el mismo plano.

La gran desventaja que presenta esta alternativa es la necesidad de incorporar al interior del tabique un mayor número de transversales cortafuego (un mínimo de dos filas de cadenetas) para evitar el pandeo lateral de la diagonal estructural ante esfuerzos horizontales.

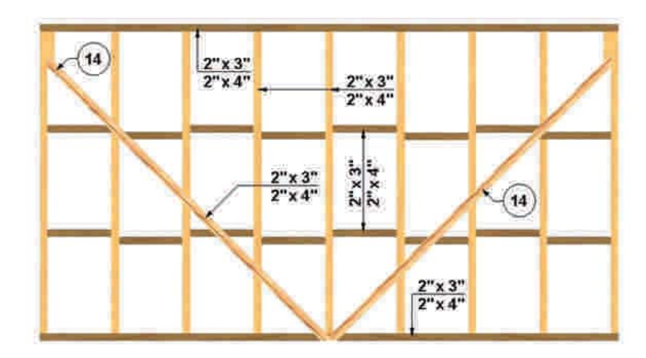


Figura 10 - 20: Muro arriostrado por medio de diagonales estructurales, de igual escuadría que las piezas principales, pieza N° 14.

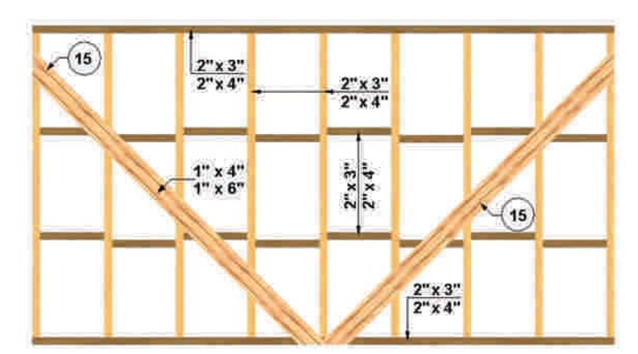


Figura 10 - 21: Muro arriostrado con tabla de madera encastrada, pieza N° 15.

10.3.3.2 Tensores o zunchos metálicos en perfil de acero plano

Barra de acero plana (pletina) de 20 a 50 mm de ancho y 3 a 5 mm de espesor, que se fija diagonalmente (ángulo de 45° ±15°) en las intersecciones con pie derecho y soleras (**Figura 10 - 22a**).

Al igual que en el caso anterior, se deben considerar tensores contrapuestos en un mismo plano alineado del muro. Para la colocación de tensores o zunchos metálicos es necesario ejecutar un rebaje en las piezas de madera para incorporarlo al espesor final del elemento en obra gruesa (**Figura 22b**).

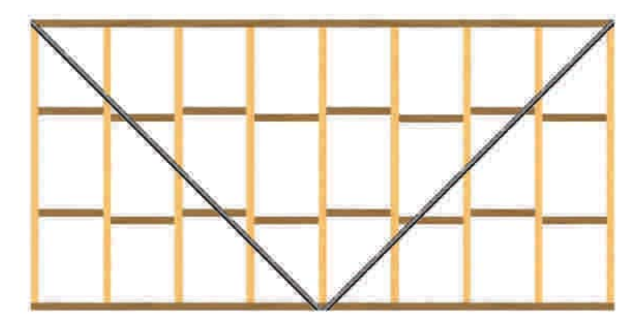


Figura 10-22a: Tabique soportante arriostrado por medio de tensores en barras de acero plano.

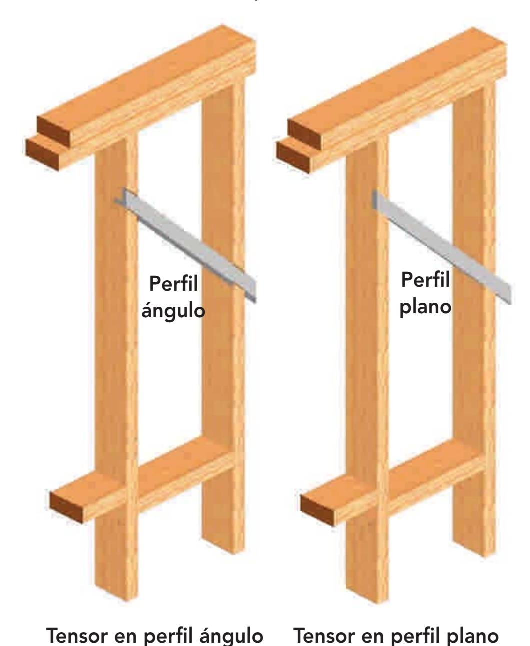


Figura 10-22 b: Ejemplos de colocación de arriostramientos en perfiles de acero (perfil ángulo y barra plana).

10.3.3.3 Perfil ángulo

Este obliga a realizar un corte de ajuste en los pie derecho y las soleras para insertar diagonalmente una de las alas del perfil ángulo.

Además, se debe ejecutar un rebaje para incorporar la otra ala al espesor final del elemento en obra gruesa. La principal desventaja de esta alternativa es que produce un debilitamiento de los pie derecho.

Al momento de diseñar la estructuración del tabique por medio de componentes de acero, se debe tener presente que tensores y ángulos metálicos tienen un mal comportamiento ante la acción del fuego en un incendio.

10.3.3.4. Revestimientos en perfiles de madera

Otra alternativa de estructuración que cumple una doble función como revestimiento definitivo y arriostramiento, es el uso de molduras de madera machihembrada o tinglada, clavada o atornillada a la estructura del tabique, ya sea en forma diagonal, vertical u horizontal y de dimensiones según cálculo.



Figura 10 - 23: *Revestimiento de molduras dispuesto en forma diagonal, machihembrado o tinglado, que además cumple la función de arriostrar la estructura del muro perimetral o del interior.*



Figura 10 - 24: *Molduras dispuestas en forma vertical, de características similares a la Figura 10 – 23.*

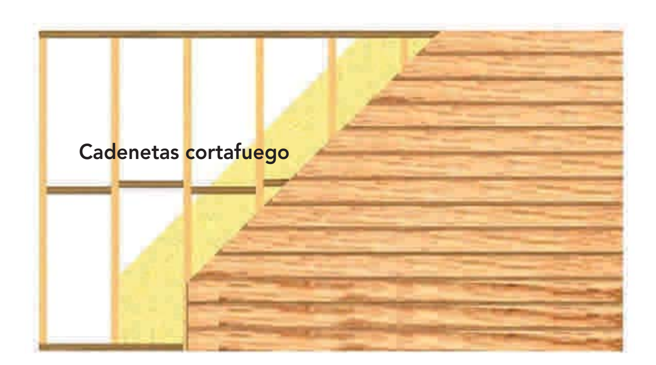


Figura 10 - 25a: *Molduras dispuestas en forma horizontal, de características similares a la Figura 10 – 23.*

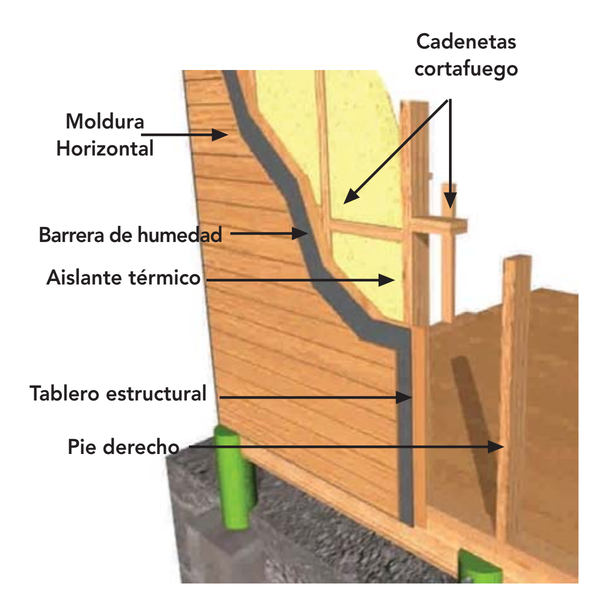


Figura 10 - 25b: *Vista en isométrica de molduras horizontales, como revestimiento para muros perimetrales.*

Las soluciones anteriormente presentadas para la estructuración de tabiques soportantes se pueden considerar como alternativas válidas, siempre y cuando cuenten con el respaldo del diseño estructural, realizado por el profesional competente.

Las diagonales estructurales aún siguen siendo aplicadas como método tradicional de construcción en madera en algunas regiones del sur del país (especialmente en la XI Región), debido a la acción del viento, pero hay que recalcar que tienen un deficiente comportamiento ante solicitaciones sísmicas.

10.3.3.5.Tableros estructurales

Durante la última década, la utilización de diagonales estructurales y tensores metálicos ha sido cada vez menor, a raíz de la incorporación de tableros contrachapados (terciados) y tableros de hebras orientadas (OSB, Oriented Strand Board), como principal componente arriostrante de tabiques soportantes en estructuras de madera.

Estos presentan una serie de ventajas con respecto de las soluciones descritas, ya que como resultado se obtiene:

- Mayor eficacia estructural.
- Mayor rendimiento y economía en la fabricación.
- Una vez armado, el muro no presenta piezas mecánicamente debilitadas por uniones de corte a media madera entre los pie derecho y la diagonal estructural.

- Los muros arriostrados con este tipo de tableros han demostrado un mejor comportamiento al sismo.

- Potencia el diseño de arquitectura, tanto en la proyección de superficies, como en vanos de puertas y ventanas.

- Al no utilizar diagonales estructurales, se requiere la incorporación de sólo una fila central o intermedia de transversales cortafuego.

- Se requiere un menor volumen de madera incorporada al tabique.

- Se realiza un menor número de cortes de piezas y clavado de nudos por unidad de superficie.

- Se logra una mayor eficiencia en la utilización de horas hombre durante la fabricación.



Figura 10 – 26a: Muro arriostrado con tableros contrachapados, pie derecho cada 400 mm en este caso.

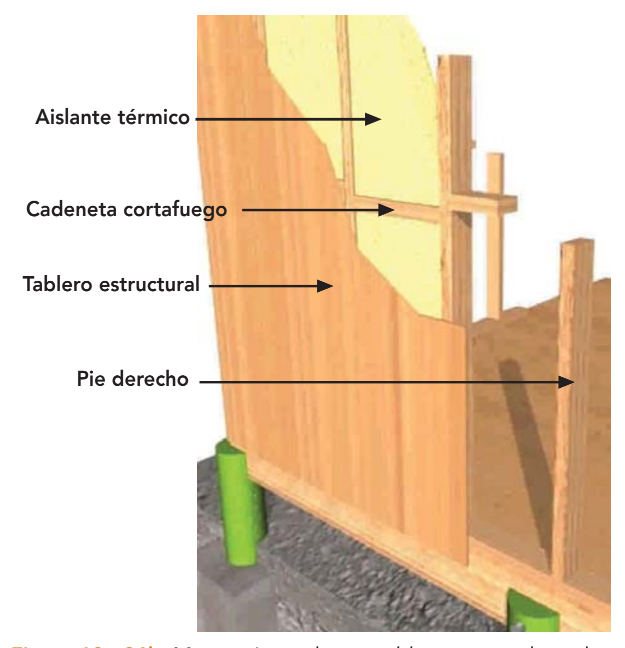


Figura 10 - 26b: Muro arriostrado con tableros contrachapados, montado sobre plataforma estructurada en madera.

10.4 CRITERIOS DE LA ORDENANZA GENERAL DE URBANISMO Y CONSTRUCCIONES PARA ESTRUCTURACIÓN DE TABIQUES

La Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) establece lo siguiente para el diseño mínimo de diafragmas o tabiques (entramados verticales), en estructuras de madera no sometidas a cálculo estructural:

- El espaciamiento máximo de los pie derecho será de 0,50 m entre ejes.

- La distancia máxima entre ejes de los travesaños o riostras (cadenetas) y entre estos y las soleras, será de 0,65 m.

- La altura de los diafragmas de fachadas no deberá ser mayor a 3 m para cada piso. Para estos efectos, la altura del diafragma es la distancia vertical medida entre los ejes de las soleras superior e inferior.

- La escuadría de las soleras, diagonales y travesaños, será igual a la escuadría de los pie derecho. Las diagonales podrán cortar a los pie derecho cuidando de mantener la continuidad estructural de estos a las soleras.

- Los diafragmas deberán estar dispuestos en dos direcciones ortogonales, con espaciamientos máximos entre ejes de 3,60 m en cada dirección. Sin embargo, cuando por necesidades de diseño el distanciamiento de un diafragma tuviere que ser mayor, se deberá disponer de arriostramientos que eviten la existencia de luces mayores a 3,6 m en las soleras superiores.

- La distribución de estos elementos será preferentemente simétrica y uniforme en cuanto a materiales y dimensiones, con el objeto de evitar solicitaciones de torsión en la estructura durante los sismos o bajo los efectos de ráfagas de viento. En el caso de notoria asimetría o desuniformidad en la distribución de los diafragmas, no serán aplicables las disposiciones de este artículo.

- La longitud equivalente o longitud de los entramados verticales medidos en planta y necesarios para resistir las solicitaciones sísmicas o de viento, quedará determinada en metros lineales para cada una de las direcciones principales, por la mayor longitud que se determine aplicando los procedimientos que se describen más adelante.

- En la longitud total de los diafragmas, determinada en la forma que se indica más adelante, no se incluirán los tabiques cuya razón altura/longitud sea mayor de 2,0 o de 3,5 m en el caso que posean revestimientos contrachapados o entablados en diagonal.

- Procedimiento sísmico: La longitud equivalente para cada una de las direcciones principales se obtendrá multiplicando la superficie cubierta del proyecto, medida en metros cuadrados en planta, por el coeficiente que para cada caso se indica en la siguiente tabla:

Tabla de procedencia del modelo californiano.

- Para edificación de dos pisos o un piso con mansarda, la longitud equivalente del primer piso se obtendrá aplicando el coeficiente 0,28 al área del primer piso más el área del segundo piso o mansarda. La del segundo piso se obtendrá de multiplicar la superficie del segundo piso por su coeficiente 0,27.

- Procedimiento por presión de viento: La longitud equivalente para cada una de las direcciones principales, se obtendrá multiplicando el área total medida en metros cuadrados, obtenida de la proyección de la edificación sobre un plano vertical, perpendicular a una dirección principal, por el coeficiente que para cada caso se indica en la siguiente tabla:

TIPO DE EDIFICACIÓN	UN PISO SIN MANSARDA (m2)	DOS PISOS O UN PISO CON MANSARDA	
		2° PISO O MANSARDA	1° PISO
Coeficiente	0,30	0,30	0,45

- Las escuadrías de los elementos de los diafragmas no podrán ser inferiores a las que se indican en la siguiente tabla:

ESPECIE	ALTURA DEL DIAFRAGMA (mm)		
	2,0	2,5	3,0
Pino radiata	45 x 70	45 x 95	45 x 120

- Cuando los diafragmas reciban la carga de entramados horizontales que tengan sobrecargas mayores a 1,5 kPa (150 kg/m2), pero menores que 3,0 kPa (300 kg/m2), se deberá duplicar la sección de los pie derecho afectados, o bien disminuir su espaciamiento a la mitad.

- En zonas de probables vientos con velocidades superiores a 100 km/h, pero menores de 140 km/h, las alturas de las escuadrías de los pie derecho que conformen los tabiques verticales deberán aumentarse como mínimo en un 40%.

TIPO DE EDIFICACIÓN	UN PISO SIN MANSARDA	DOS PISOS O UN PISO CON MANSARDA	
		2° PISO O MANSARDA	1° PISO
Coeficiente	0,18	0,27	0,28

En **Anexo V** se entrega un conjunto de tablas que permiten definir con cierta flexibilidad y en forma sencilla, estructuraciones de paredes exteriores.

Los cuadros cuya aplicación se supedita a determinadas separaciones máximas entre paredes, altura máxima de entrepisos e inclinaciones de techo, permiten definir estructuraciones para los distintos tipos de componentes estructurales de una vivienda que cumplen a cabalidad con las normativas, permitiendo prescindir de un cálculo estructural, de modo que puedan ser aprobados por las diferentes direcciones de obras municipales al momento de tramitarse el permiso de edificación.

Los cálculos consideran las indicaciones de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) y normas chilenas vigentes NCh 1198 –Madera -Cálculo estructural y de otras normas complementarias.

10.5 ESPECIFICACIÓN DE LA MADERA DE PINO RADIATA PARA ENTRAMADOS VERTICALES

10.5.1 Tabiques soportantes

Complementariamente a la información que se obtiene a partir del cálculo estructural, se debe proporcionar los parámetros necesarios que delimitarán la calidad de la madera que se utilizará en la fabricación de los tabiques para fines estructurales.

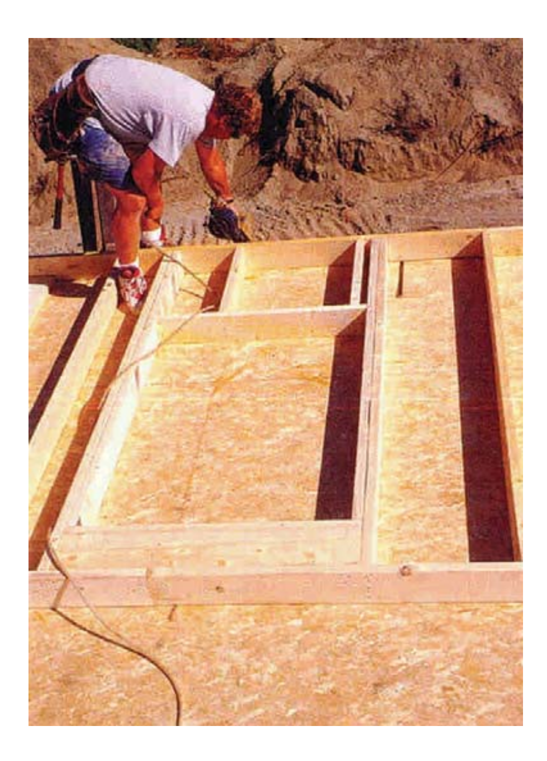


Figura 10 - 27: La calidad de la madera utilizada es esencial para la prefabricación de los entramados verticales, ya que de ello depende fundamentalmente la durabilidad y estabilidad de los elementos en servicio.

Una correcta especificación debe considerar las siguientes definiciones para la madera que se utilizará:

- **Especie maderera:**
  Tipo de madera que se utiliza, por ejemplo: Pino radiata.

- **Uso o destino de la madera:**
  Madera para uso estructural. Por ejemplo, pie derecho.

- **Escuadría nominal:**
  Se debe recordar que la escuadría nominal de una pieza de madera (espesor x ancho), se expresa en pulgadas. Su grado de elaboración queda establecido por las dimensiones expresadas en milímetros (norma chilena NCh 174, actualmente en estudio y actualización).

  Por ejemplo: si se especifica la utilización de piezas de 2"X 4", sin informar sus dimensiones normalizadas en milímetros, queda abierta la probabilidad de utilizar tres tipos posibles de calidades de madera:

- Madera dimensionada (en bruto,verde, de 48 x 98 mm), con un contenido de humedad no menor al 25%.

- Madera dimensionada (en bruto, seca, de 45 x 95 mm), con un contenido de humedad de 13 a 15%.

- Madera cepillada (cep/4c de 41 x 90 mm), con un contenido de humedad de 13 a 15%.

- **Largo comercial:** Dependiendo de la escuadría especificada para muros, el largo de una pieza se expresa en metros con dos decimales y comercialmente puede ser adquirida en 2,40; 3,20; 4,00 y 4,80 m.

- Contenido máximo de humedad: La madera que se utiliza para tabiques necesariamente debe ser secada en cámara y estabilizada con un contenido máximo de humedad del 14% con una tolerancia de +-2%.

- Tiempo de estabilización: La madera en el lugar donde prestará servicio debe pasar por un período de estabilización de humedad, adaptándose a las condiciones locales de temperatura, humedad relativa del aire y época del año, antes de ser utilizada en la fabricación de elementos soportantes.

- Grado estructural de la madera: Por tratarse de madera para uso estructural, debe especificarse su clasificación como tal, ya sea visual (GS, G1 o G2, según NCh 1207); o mecánica (C16 o C24, según BS EN 519).
- Escuadrías mínimas recomendadas

En términos de escuadría nominal para tabiques soportantes, pueden considerarse los siguientes mínimos recomendables:

- 2" x 3" min. en muros de viviendas de 1 piso (especificadas en milímetros).

- 2" x 4" min. en muros de primer piso, en viviendas de 2 pisos (especificadas en milímetros).

- 2" x 3" min. en muros de segundo piso, en viviendas de 2 pisos (especificadas en milímetros).

10.5.2 Tabiques auto soportantes

Los tabiques auto soportantes sólo deben responder a solicitaciones de soporte en revestimientos, muebles y artefactos (**Figura 10 - 28**) que pueden fijarse lateralmente a él.

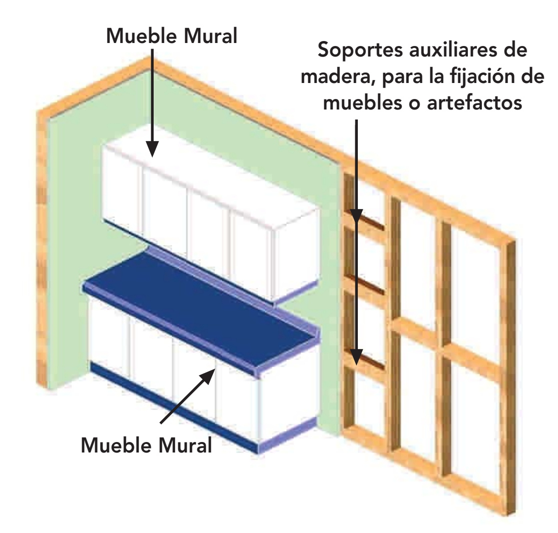


Figura 10 – 28: Componentes auxiliares para la fijación de muebles. Según sea el caso, se deben prever todas las piezas necesarias entre los pie derecho para asegurar un buen anclaje de los muebles murales.

No obstante lo anterior, es necesario especificar adecuadamente la madera que se utilizará en dichos elementos. En este sentido, los aspectos técnicos que se deben considerar son los siguientes:

- **Especie maderera:** Pino radiata.
- **Uso y destino de la madera:** Madera cepillada para tabiques.
- **Escuadría nominal:** Debe establecerse en base a los criterios que se recomiendan más adelante.
- **Largo comercial:** Dependiendo de la escuadría especificada para tabiques, el largo de una pieza se expresa en metros con dos decimales y comercialmente puede ser adquirida en 2,40 y 3,20 m.
- **Contenido máximo de humedad:** La madera utilizada para tabiques debe ser secada en cámara y especificada con un contenido máximo de humedad del 13%, con una tolerancia de +2%.
- **Tiempo de estabilización:** La madera debe pasar por un período de estabilización de humedad, con respecto a las condiciones locales de humedad, temperatura y época del año, antes de ser utilizada en la fabricación de los elementos.
- **Escuadrías mínimas aceptables para su fabricación:** Teniendo presente los aspectos de especificación anteriormente descritos, la escuadría mínima a utilizar en este tipo de elementos debe considerarse en las siguientes secciones mínimas aceptables:
  - 2" x 2" min. en tabiques de viviendas de 1 piso (especificadas en milímetros).
  - 2" x 3" mín., para tabiques del primer y segundo piso (vivienda de dos pisos), exigencia por el factor de resistencia al fuego (especificada en milímetros).

10.6 UNIONES CLAVADAS ENTRE COMPONENTES QUE CONFORMAN LOS ENTRAMADOS VERTICALES

10.6.1 Clavado o fijación de componentes principales y secundarios

En general, los componentes de un entramado vertical (muro o tabique) se fijan mediante clavos de 4" lisos (corrientes) o helicoidales. Si trabaja al corte, basta con clavo corriente; si existe tracción, se debe utilizar clavo helicoidal o tornillos, considerando a lo menos 2 unidades por cada nudo o encuentro entre piezas componentes:

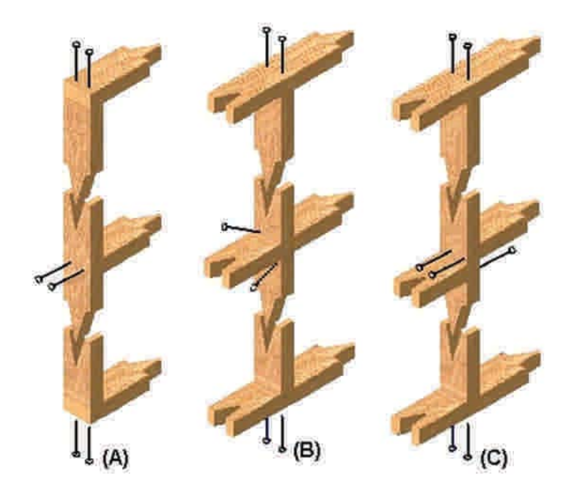


Figura 10 – 29: Distribución y colocación de clavos en piezas componentes de un muro soportante o tabique.

- Pie derecho a solera inferior y superior
- Transversal cortafuego a pie derecho
- Muchacho a solera inferior y alféizar
- Dintel a pie derecho y jambas

De lo ilustrado en la **Figura 10 - 29**, la alternativa (A) corresponde a la situación óptima de clavado en las piezas componentes de tabiques en general, ya que cada clavo es fijado ortogonalmente en cada unión entre piezas.

La alternativa (B) difiere de la anterior en que las transversales cortafuego (cadenetas) son colocadas en un solo eje horizontal, lo que lleva a que la unión de cada uno es efectuada en forma ortogonal, sólo por uno de sus costados. La fijación por el lado contrario debe ser ejecutada en forma inclinada, denominada "clavo lancero" (ver unidad de uniones y anclajes). Esta solución sólo es aconsejable cuando la fijación de tableros de madera o placas de revestimiento es colocada en forma horizontal.

Por último, la alternativa (C) corresponde a la forma óptima de clavado en transversales cortafuego, ya que al utilizar dos ejes paralelos de ubicación desfasados entre sí, el clavado de cada cadeneta puede ejecutarse ortogonalmente por cada costado del pie derecho respectivo.

La fijación del resto de los componentes de un muro o tabique debe ser realizada siguiendo patrones mínimos en cuanto a cantidad y distanciamiento. En esta categoría están por ejemplo:

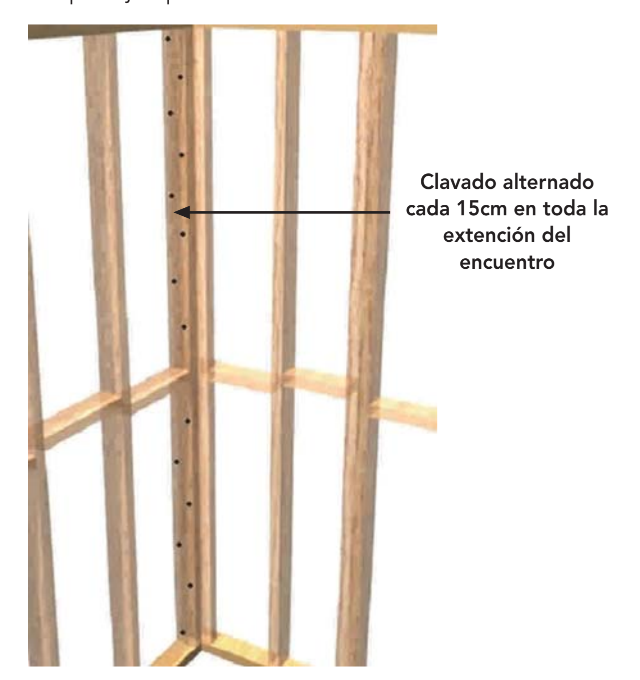


Figura 10 – 30: Encuentro clavado de tabiques con distribución longitudinal en ejes alternados cada 15 cm.

- El clavado de todo pie derecho que se ubica en el extremo de un muro o tabique, que se une a igual pieza de otro. En este caso se debe realizar con clavos distribuidos en forma regular y longitudinal, distanciados cada 15 cm en ejes alternados, cuando la superficie expuesta de la pieza que se fija lo permite.



Figura 10 – 31: Tabiques ya estructurados en el primer piso de una vivienda. Durante el proceso de clavado y fijación, es primordial el control geométrico como: alineación, verticalidad (plomada), anchos, largos y espesores con respecto al diseño planimétrico y altimétrico de la vivienda.



Figura 10 – 32: Clavado de un encuentro entre tabiques con control de verticalidad (nivel de mano), según la descripción anterior.

- El clavado de toda pieza vertical en contacto paralelo con otra y que forma parte del muro o tabique, debe ejecutarse con idéntico criterio.

- Cuando se realiza el clavado de piezas en forma longitudinal, es decir cada 15 cm en ejes alternados, no es conveniente que los clavos utilizados traspasen ambos componentes que se fijan, pues con ello sólo se obtiene como resultado el debilitamiento de las piezas que se unen y una baja resistencia a la extracción de los clavos. Por ejemplo, si se realiza el clavado longitudinal de la solera de amarre a la solera superior del elemento, o de la jamba a su respectivo pie derecho lateral, es preferible utilizar clavos de 31/2", que perforar y traspasar ambas piezas con clavos de 4".

10.6.1.1 Clavado o fijación de tableros estructurales

- Los tableros contrachapados pueden ser especificados según sus propiedades mecánicas informadas por el fabricante, según requerimientos del diseño estructural, en espesores de 9, 10 y 12 mm. Las dimensiones estandarizadas de los tableros son de 1,22 x 2,44 m.

- Los tableros de hebras orientadas (OSB) pueden ser especificados según las propiedades mecánicas informadas por el fabricante, según requerimientos del diseño estructural, en espesores de 9,5 y 11,1 mm. Las dimensiones estandarizadas de los tableros son de 1,22 x 2,44 m.

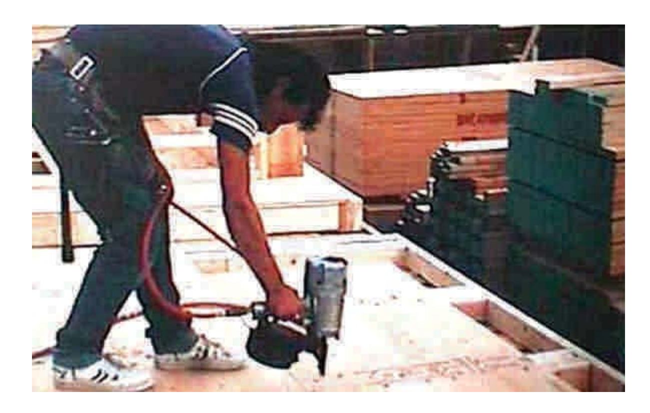


Figura 10 - 33: Fijación de contrachapado estructural al entramado por medio de clavadoras de aire comprimido.

Los tableros estructurales deben ser fijados a la estructura de los tabiques por medio de clavos o tornillos, cumpliendo patrones de cantidad mínima, distribución y ubicación:

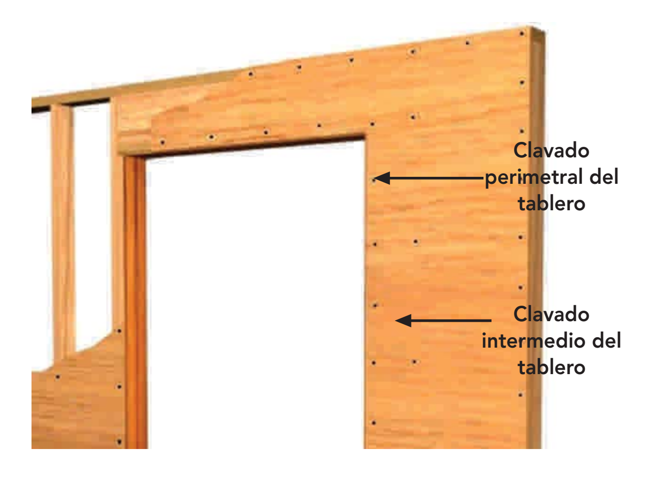


Figura 10 - 34: Tablero fijado sobre entramado vertical y distribución de las fijaciones.

10.6.1.1.1 Cantidad y distribución de fijaciones

La cantidad de fijaciones está determinada por la distribución y disposición de las piezas de madera que conforman los entramados.

El perímetro del tablero contrachapado o tablero de hebras orientadas debe llevar una fijación (clavo corriente, helicoidal o tornillo autoperforante), distanciada cada 10 a 15 cm entre sí, y se entenderá como tal, a todo borde de tablero que se apoye en:

- Soleras superior e inferior
- Solera de montaje y de amarre
- Pie derecho de encuentro entre tableros
- Borde de vanos en puertas y ventanas (jamba, dintel y alféizar)

En algunos casos, es recomendable que en la fijación del tablero colaboren cordones adherentes encolados, lo que permite distancias mayores entre fijaciones perimetrales.

Toda línea de clavado o atornillado a piezas intermedias debe llevar una fijación cada 20 cm en pie derecho intermedios y transversales cortafuego.

En caso de utilizar cordón adherente encolado, la distancia entre fijaciones intermedias puede aumentar.

- Si la fijación de los tableros se realiza con clavo corriente o helicoidal, se recomienda que su largo mínimo sea de 2 $^{1}/_{2}$".

- En el caso de utilizar tornillos autoperforantes, se recomienda utilizar unidades de 1 5/8" como mínimo.

- La línea de clavado o atornillado perimetral de los tableros debe estar a una distancia mínima del borde no inferior a 10 mm.

- La fijación de tableros estructurales en sus bordes, debe realizarse en forma perpendicular al tablero.

10.6.1.1.2 Orden de clavado o atornillado del tablero

Se debe efectuar desde el centro del tablero hacia los bordes, tal como se ilustra en la **Figura 10 - 35.**

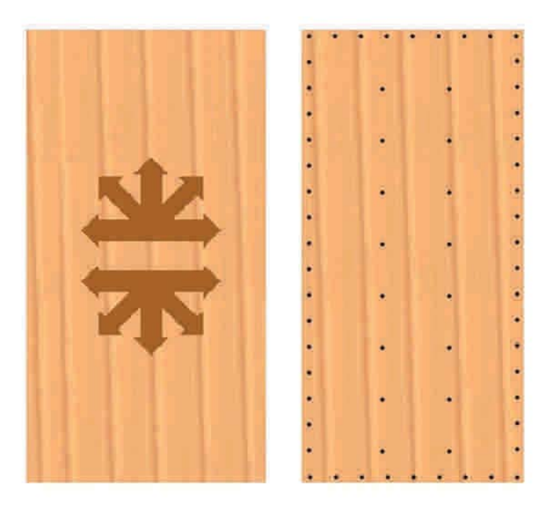


Figura 10 – 35: Orden y distribución de fijación de tableros estructurales. Una fijación cada 10 a 15 cm en todo el borde perimetral y cada 20 a 30 cm en el interior.

10.6.2 Anclaje inferior de tabiques

Los tabiques, tanto soportantes como autosoportantes, deben ser correctamente anclados a:

- Base de apoyo, sea ésta una plataforma de hormigón o de madera. Lateralmente a otros muros o tabiques con los que se produce un encuentro y,
- Superiormente a estructuras de entrepiso o de techumbre.

Para asegurar el buen comportamiento estructural del esqueleto integral de la vivienda ante esfuerzos estáticos y dinámicos, es absolutamente necesario considerar los procedimientos mínimos de anclaje de los entramados verticales.

10.6.2.1 Anclaje de tabiques soportantes a fundación continua o aislada de hormigón

En este caso, según sea la alternativa de fundación utilizada al momento de ejecutar el hormigonado de sobrecimiento o viga de fundación, una solución aconsejable y segura fuera de otras entregadas por plano de cálculo, es la colocación de espárragos de acero estriado (A44-28H, Ø 10 a 12 mm) o barras hiladas de igual diámetro para recibir golilla y tuerca, perfectamente alineados y aplomados.

El espárrago o barra hilada para anclaje debe quedar incorporada (empotrada) a la masa de hormigón, mínimo 20 cm de profundidad.

Sea un espárrago o una barra hilada, el elemento de anclaje debe dejarse con una escuadra o gancho de a lo menos 5 cm de longitud.

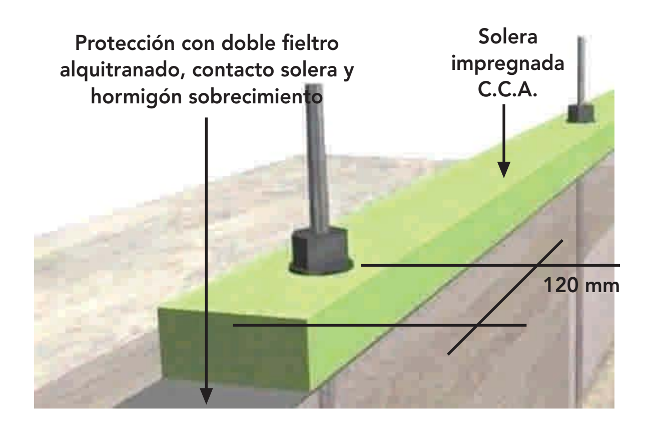


Figura 10 – 36: Detalle constructivo de la distribución de espárragos o barras de anclaje. Espaciamiento de 120 mm entre el último perno y el extremo del término del tabique.

La ubicación, tanto de espárragos como de pernos hilados, debe ser definida por el diseño estructural. En general, se acepta el criterio de distribución siguiente:

- Un anclaje en cada extremo de los tabiques soportantes, respetando un espaciamiento mínimo de 120 mm entre dicho anclaje (perno) y el extremo del tabique
- Un anclaje a cada costado en vanos de puertas
- Un anclaje cada 80 cm máximo en extensión sobre la solera inferior

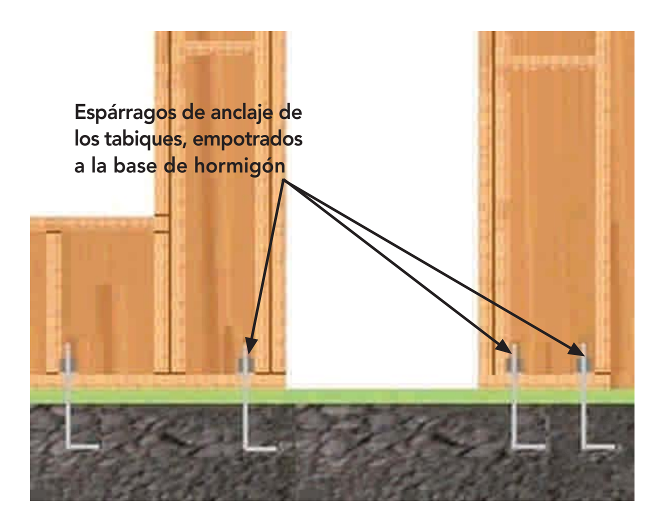


Figura 10 - 37: Distribución de espárragos o pernos de anclaje según criterio expuesto de tabique soportante con solera de montaje.

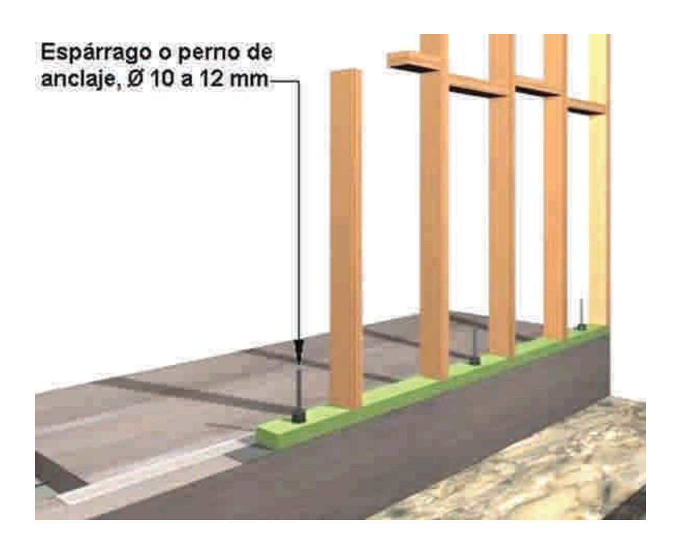


Figura 10 – 38: Anclaje de tabique soportante a fundación continua sin solera de montaje.

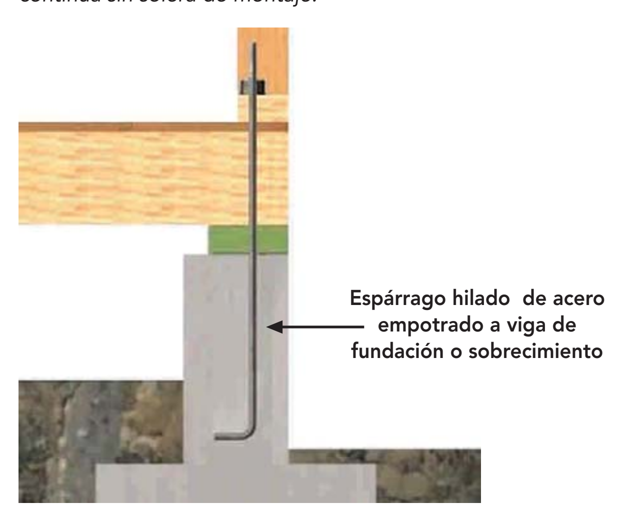


Figura 10 – 39: Ejemplo de anclaje de muro perimetral a plataforma de madera y al sobrecimiento de hormigón simple de la fundación continua.

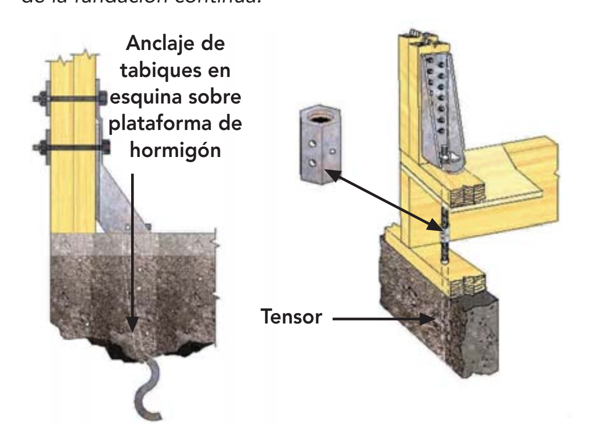


Figura 10 – 40: Anclaje que permite privilegiar el traspaso directo de los componentes sísmicos, desde el píe derecho a la fundación y no a la solera inferior, como usualmente se soluciona (anclaje aplicado normalmente en tabiques soportantes de esquina).

10.6.2.2 Anclaje de tabiques soportantes a fundación aislada en plataforma de madera

La unión de la solera inferior del tabique como la de montaje (en caso de ser proyectada) a la plataforma de madera, se recomienda con tirafondos de 12 mm mínimo de diámetro u otro sistema que especifique el plano de estructuras (Figura 10 - 41).

Los tirafondos deben fijarse a vigas principales, secundarias o componentes de apoyo de la plataforma, cuya distribución, dimensiones y forma de instalación se especifican en el plano de estructuras.

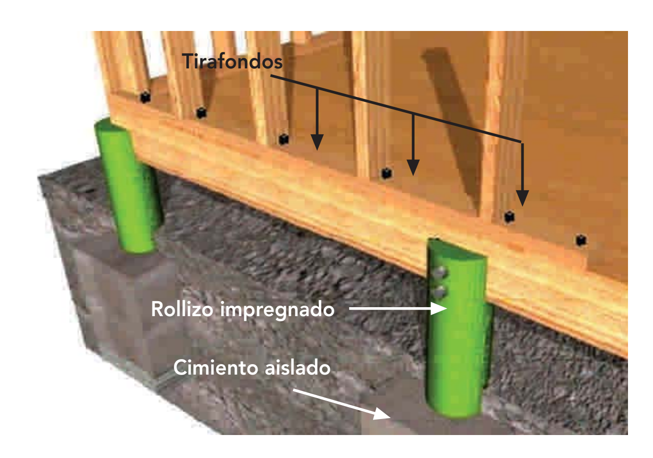


Figura 10 – 41: Ubicación de los tirafondos en la solera inferior del tabique soportante perimetral. En este caso se especifica solera base de montaje.

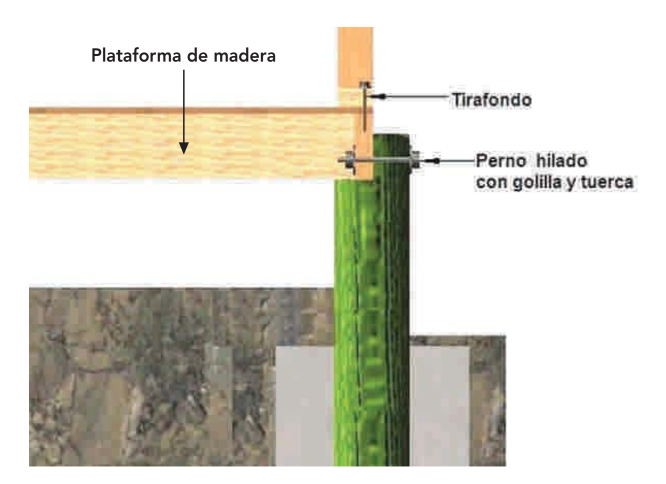


Figura 10 – 42: Anclaje de tabique perimetral soportante con tirafondos a viga principal de la plataforma de madera montada sobre pilotes.

En el caso de anclaje de tabiques soportantes a plataforma de entrepiso, el cálculo considera varios factores según la situación, lo que implica especificar anclajes especiales (Figura 10-43 y 44).

Si las condiciones del medio por acción del viento son extremas, el cálculo considera para los tabiques de cerramiento (tabiques soportantes) del segundo piso, que el anclaje se realice mediante pernos de acero hilados de 12 mm de diámetro, que traspase ambas soleras y se fije con golilla y tuerca (Figura 10- 45).

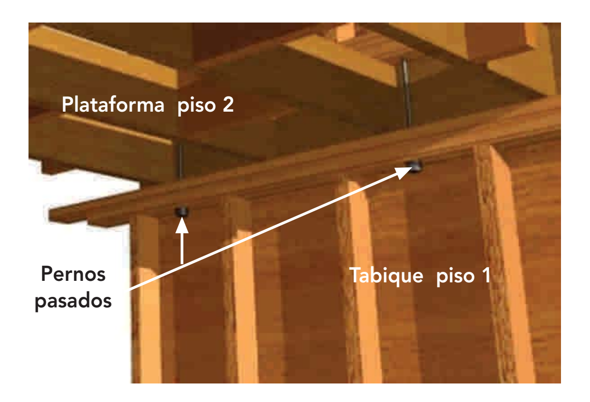


Figura 10- 43: Anclaje del tabique soportante del 2° piso a la estructura de plataforma (entrepiso). Unión de las soleras: superior, amarre e inferior con perno de acero de diámetro de 12 mm con golilla y tuerca.

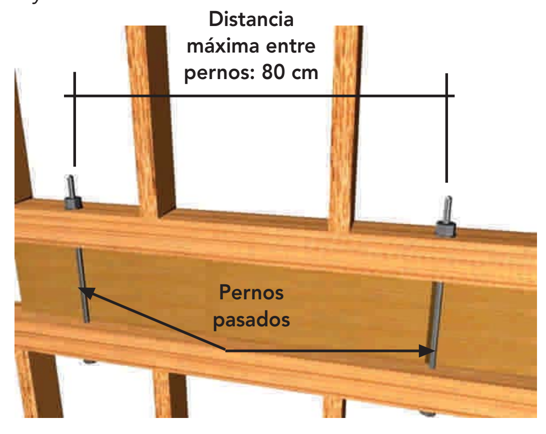


Figura 10 – 44: Vista en primer plano de anclajes, dispuestos cada 0,80 m uniendo las tres soleras.

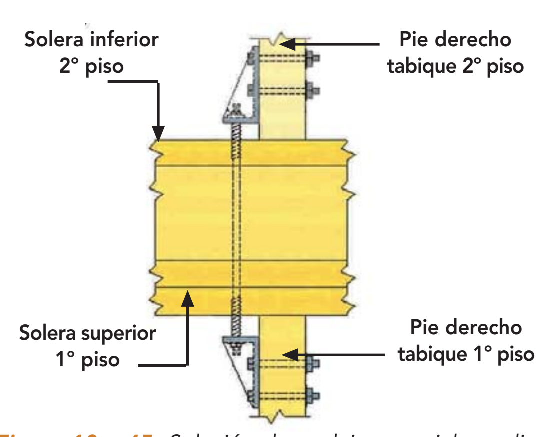


Figura 10 – 45: Solución de anclaje especial mediante un espárrago de acero se transmiten, los esfuerzos entre pie derecho del tabique del 2° piso al pie derecho del 1° piso.

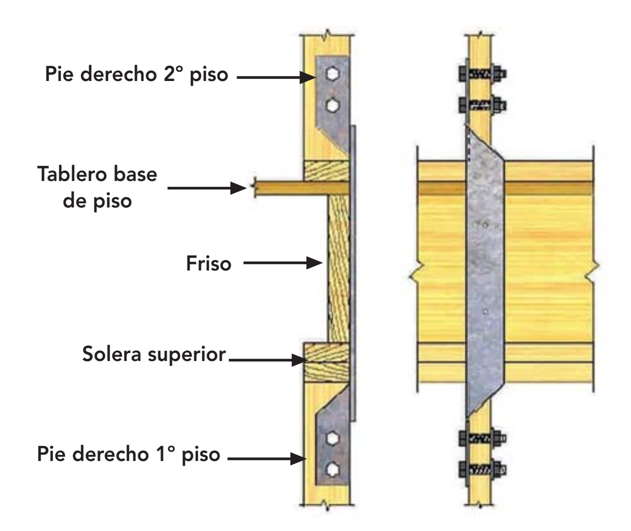


Figura 10 – 46: Anclaje especial metálico que permite transmitir los esfuerzos desde los pie derecho del tabique del segundo piso a los pie derecho del primer piso.

10.6.2.3 Anclaje inferior de tabiques autosoportantes

El anclaje inferior en general se debe realizar de igual forma que los tabiques soportantes. Sin embargo, en algunos casos, no es necesaria la utilización de espárragos o pernos hilados.

10.6.2.3.1 Anclaje a plataforma de hormigón

Sobre plataformas de hormigón, el anclaje puede realizarse por medio de pernos de expansión o espárragos de menor diámetro (por ejemplo, barras de acero liso de Ø 6 mm).

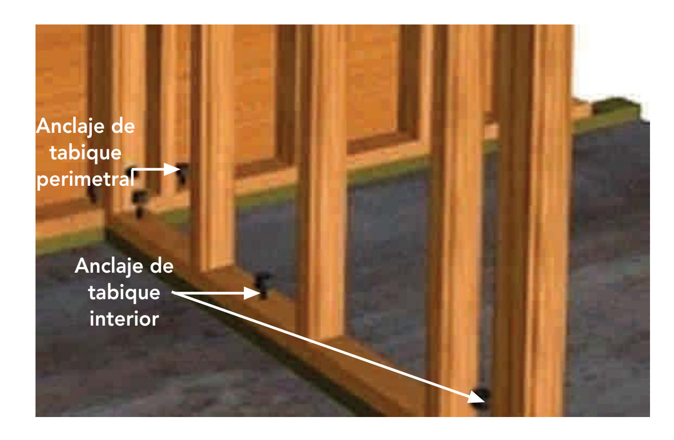


Figura 10 – 47: Anclaje de tabiques soportantes y autosoportantes a plataforma de hormigón.

10.6.2.3.2 Anclaje a plataforma de madera

Sobre plataformas de madera, basta la utilización de tirafondos en los puntos de apoyo, es decir, vigas principales y cadenetas de estructuración. En aquellos puntos en que por motivos de distribución, no se encuentre una viga o cadeneta de apoyo, se recomienda incorporarlos de manera de garantizar el anclaje de la solera inferior del tabique a la estructura.

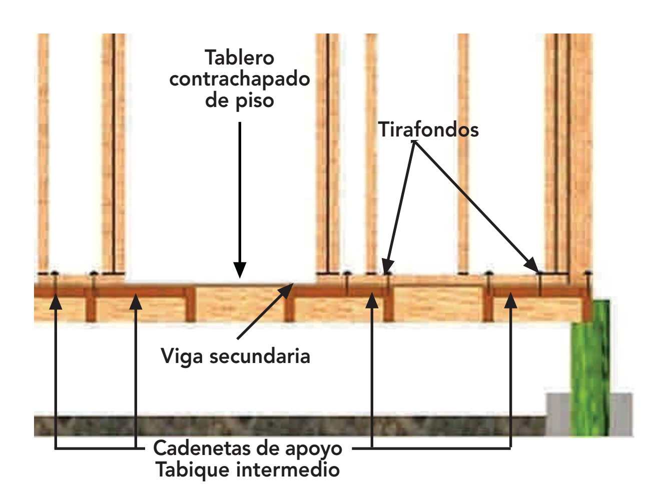


Figura 10 – 48: Anclaje de tabique autosoportante a plataforma de madera por medio de tirafondos. Por la trascara de la placa arriostrante de la plataforma (contrachapado de piso), se incorpora una pieza de igual escuadría a las cadenetas, coincidente en dirección del tabique, lo que permitirá unir la solera inferior del tabique a la plataforma.

10.7 SOLUCIÓN DE ENCUENTROS ENTRE TABIQUES

El encuentro entre tabiques requiere del cumplimiento de ciertos criterios y exigencias, que permitirán incluir la función de estructuración con cualquier método de prearmado que se aplique, con el objeto de:

- Lograr una adecuada unión entre tabiques que se encuentran.
- Obtener la resistencia adecuada a las solicitaciones exigidas, con la cantidad de elementos de unión que se requieren.
- Conseguir una base adecuada para el encuentro de los revestimientos interiores y exteriores, permitiendo una fijación segura de estos como se observa en las figuras 10 - 57 / 62 / 63.

En cada encuentro entre tabiques soportantes, una vez que estos ya han sido montados y aplomados en obra; especialmente en los vértices conformados por los elementos perimetrales, debe colocarse a lo menos tres pernos de anclaje de diámetro mínimo de 12 mm, con golilla y tuerca.
La longitud de los pernos en cada encuentro dependerá exclusivamente de la cantidad y disposición de las piezas que conforman la unión (generalmente entre 5" y 8").

La distribución y ubicación recomendada para la perforación y colocación de pernos de anclaje debe ceñirse a los siguientes criterios:

- Un perno de anclaje entre 5 a 10 cm por debajo de la solera superior del muro
- Un perno de anclaje en sector central de la altura total del muro
- Un perno de anclaje entre 5 a 10 cm por sobre la solera inferior del tabique

Hay que tener presente, que el diámetro de la perforación debe ser idéntico al del perno de anclaje, es decir, ∅ = 12 mm.

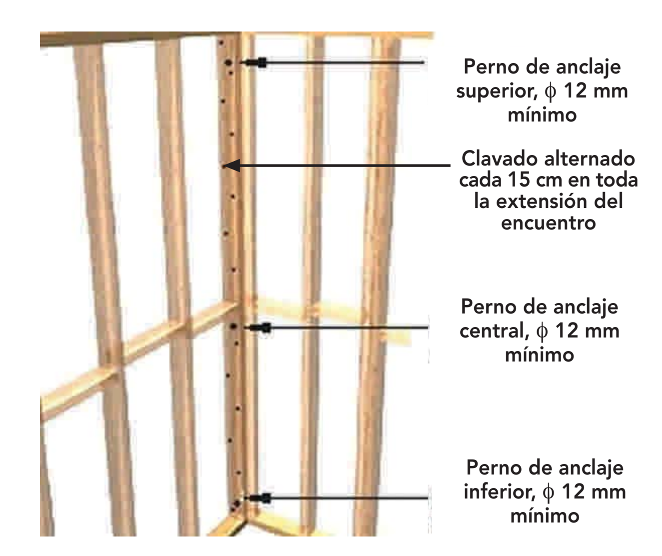


Figura 10 – 49: Distribución de pernos de anclaje en encuentro estructural de tabiques soportantes en esquina.

Es necesario proyectar adecuadamente el encuentro entre uno o más tabiques soportantes, ya que corresponden a puntos de unión críticos en cuanto a la transmisión de esfuerzos horizontales. Para ello es recomendable incorporar las piezas de madera requeridas para dicha unión desde la planta de prefabricación (planta externa o en obra).

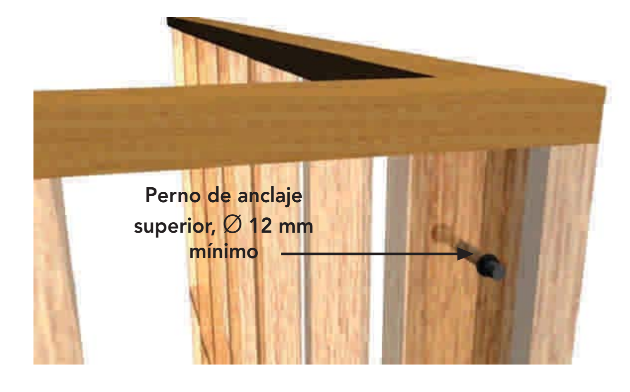


Figura 10 - 50: Encuentro en esquina de tabiques soportantes con pernos de anclaje lateral de diámetro no inferior a 12 mm.

Los diferentes tipos de unión o encuentro entre tabiques son:

10.7.1 Encuentro de tabiques colindantes

Es aquel en que dos tabiques soportantes o simplemente divisorios, se unen en uno de sus extremos, conformando entre ellos una continuidad con un eje central común.

Corresponde a la más simple de las uniones entre elementos verticales. Sin embargo, se debe tener especial atención a la unión en sí, verificando la colocación de los pernos de anclaje y que la unión, tanto de la solera de montaje como de la solera de amarre, quede traslapada a lo menos en 60 cm de la solera inferior y superior respectivamente.

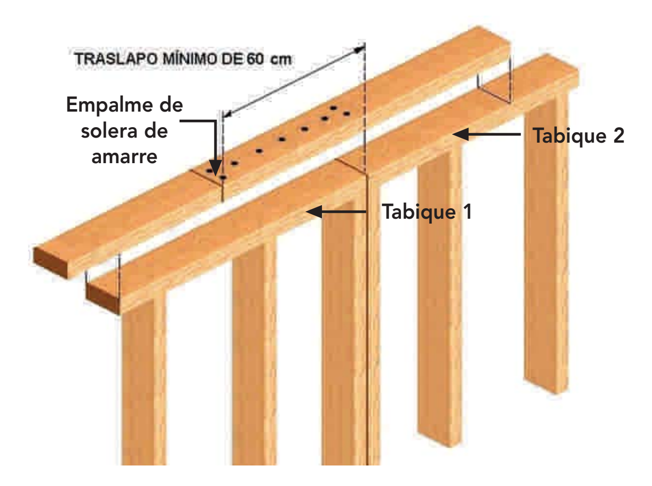


Figura 10 – 51: Traslapo mínimo de solera de amarre sobre unión de tabiques colindantes. Disposición de 9 clavos de 4"según cálculo.

Una variante importante a considerar en este tipo de unión es la prefabricación de los tabiques en obra sobre la plataforma, ya que al prearmar los elementos en longitudes mayores, se producen discontinuidades por la limitante del largo comercial de las piezas utilizadas.

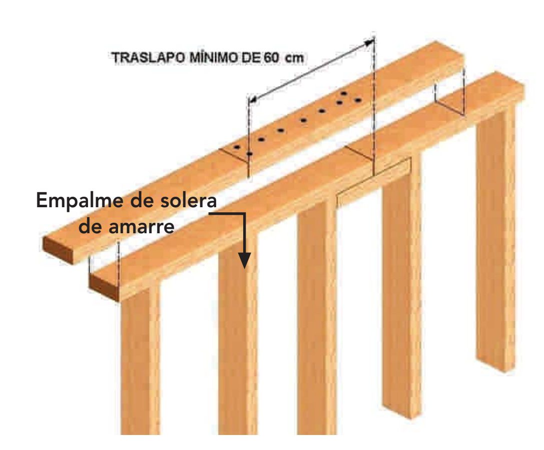


Figura 10 - 52: Estructuración de empalme de solera superior de tabiques colindantes respecto de la solera de amarre. Disposición de 9 clavos de 4", según cálculo.

10.7.2 Encuentro en esquina

Se define como el encuentro entre dos tabiques (soportantes y/o divisorios) que conforman un ángulo determinado entre sí, generalmente ortogonal.

Al igual que en el caso anterior, tanto la solera de montaje (en caso de ser incorporada), como la solera de amarre, deben fijarse alternadamente con respecto a las soleras inferior y superior de los entramados que se unen.

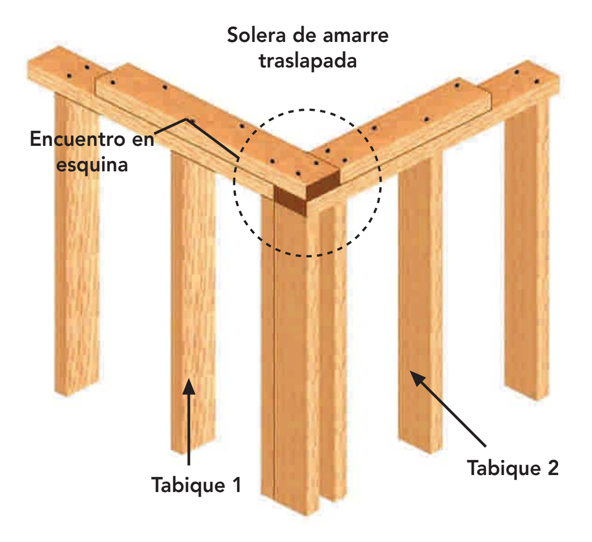


Figura 10 – 53: Unión alternada de solera de amarre y solera superior de tabiques en encuentro esquina. También válido para solera basal e inferior de los elementos.

Para la unión esquina pueden utilizarse las siguientes opciones:

- **Solución 1:**
  Recomendable para encuentros entre tabiques en los cuales descansa el segundo piso de la vivienda.

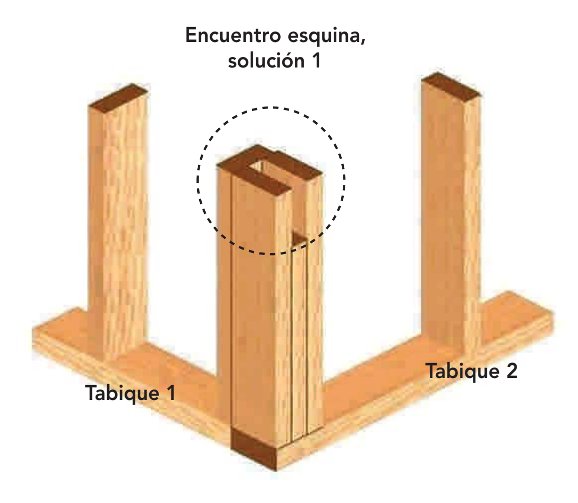


Figura 10 – 54: Solución 1 para encuentro entre muros.

- **Solución 2 :**
  Se recomienda para tabiques soportantes en viviendas de un piso y para todo encuentro de tabiques autosoportantes.

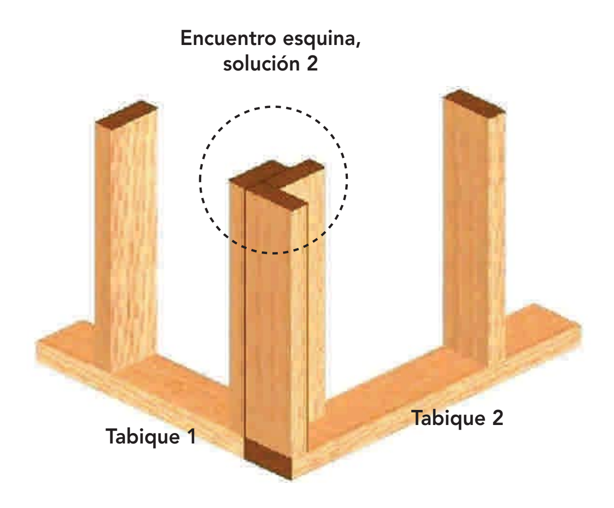


Figura 10 - 55: Solución 2 para encuentro esquina entre tabiques soportantes de un piso o tabique autosoportante.

- **Solución 3:**
  Sólo es aplicable en encuentro entre tabiques autosoportantes, dejando al mismo tiempo, la superficie necesaria para la fijación de los revestimientos.

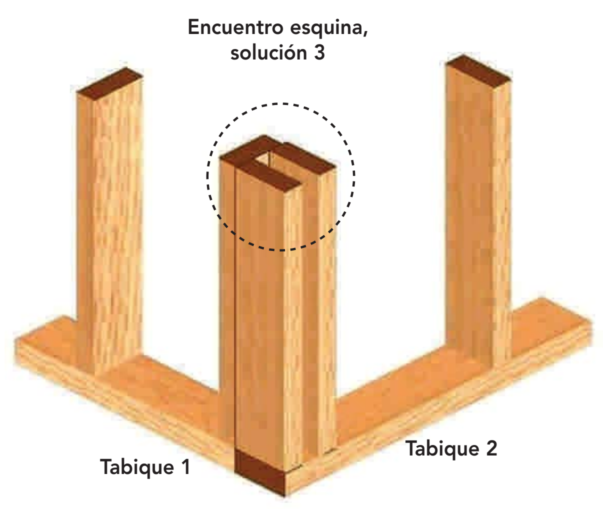


Figura 10 – 56: Solución 3 para encuentro esquina de tabiques autosoportantes.

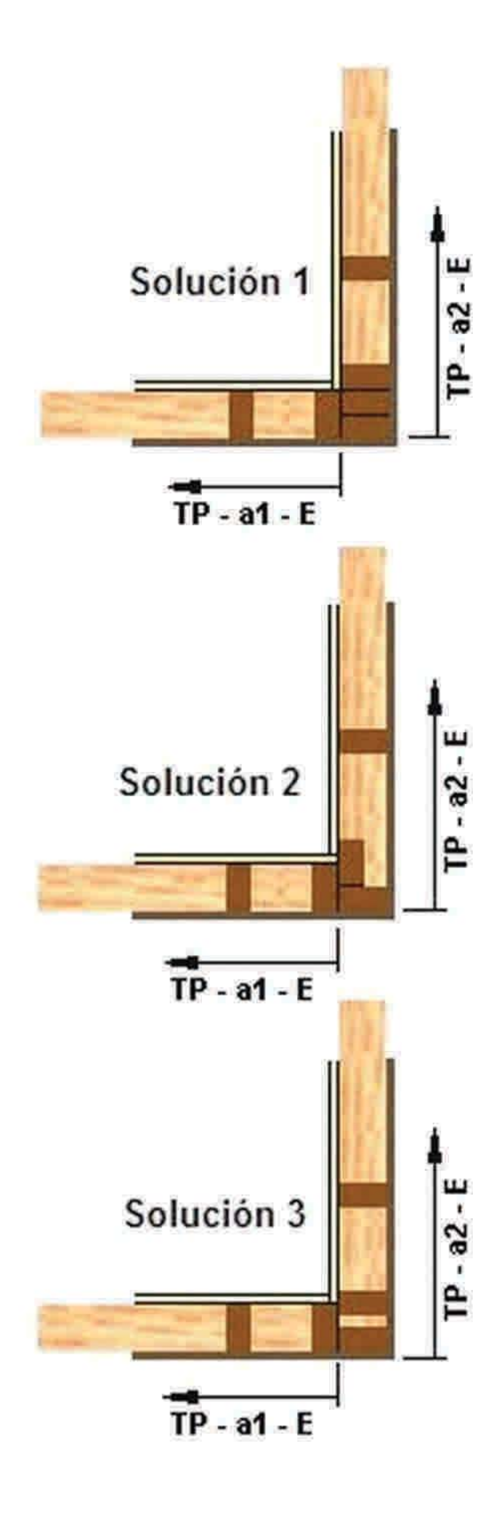


Figura 10 – 57: Vista en planta de soluciones 1,2 y 3 para el encuentro de muros y / o tabiques en ángulo.

10.7.3 Encuentro en "T"

Es aquel en que dos o más entramados verticales, sean o no soportantes, se unen ortogonalmente entre sí.

Tal como se ilustra en la Figura 10 - 58, la solera de amarre del tabique 2 (interior, por ejemplo) debe apoyarse para ser unida a la solera superior del tabique 1 (exterior), detalle fundamental para lograr un buen comportamiento estructural del conjunto.

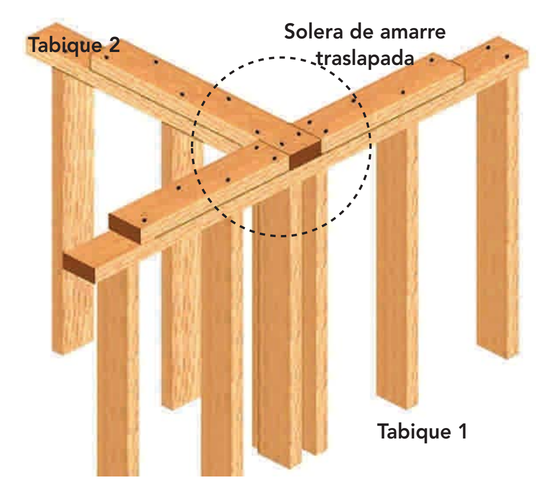


Figura 10 – 58: Empalme alternado de soleras de amarre en un encuentro de tabiques en "T".

Para encuentros en "T" se presentan las siguientes alternativas de unión:

- **Solución 1**
  Tabique que se une de tope y en "T" en un sector intermedio de otro. Es utilizable en tabiques soportantes y divisorios.

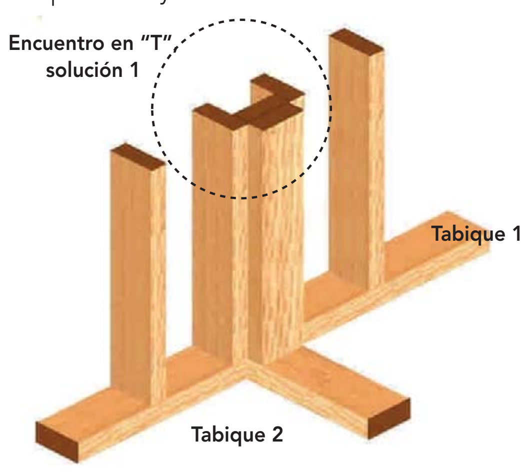


Figura 10 – 59: Solución 1 para encuentro "T" de tope para dos tabiques.

- **Solución 2**
  Tabique que se une en "T" de forma encastrada a otros dos colindantes. Es aplicable en encuentros entre tabiques soportantes y autosoportantes, dejando al mismo tiempo la superficie necesaria para la fijación de los revestimientos.

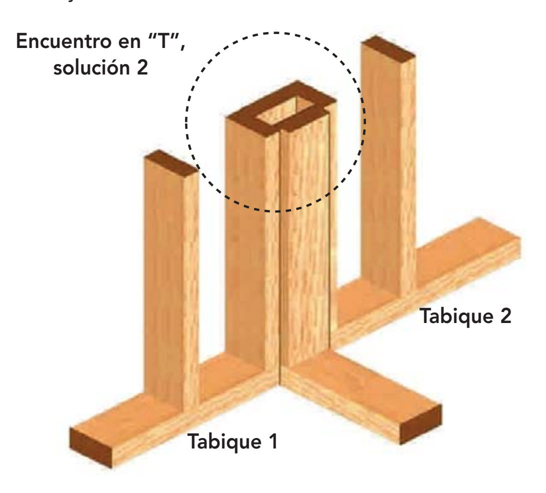


Figura 10 - 60: Solución 2 para encuentro de 3 tabiques en "T".

- **Solución 3**
  Tabique que se une de tope y en "T" a otro en un sector intermedio. Es aplicable en encuentros entre tabiques autosoportantes.

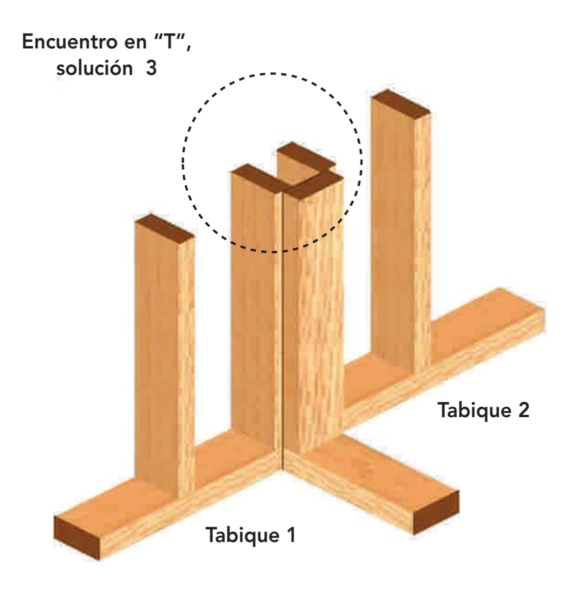


Figura 10 – 61: Solución 3 para encuentro de dos tabiques en "T".

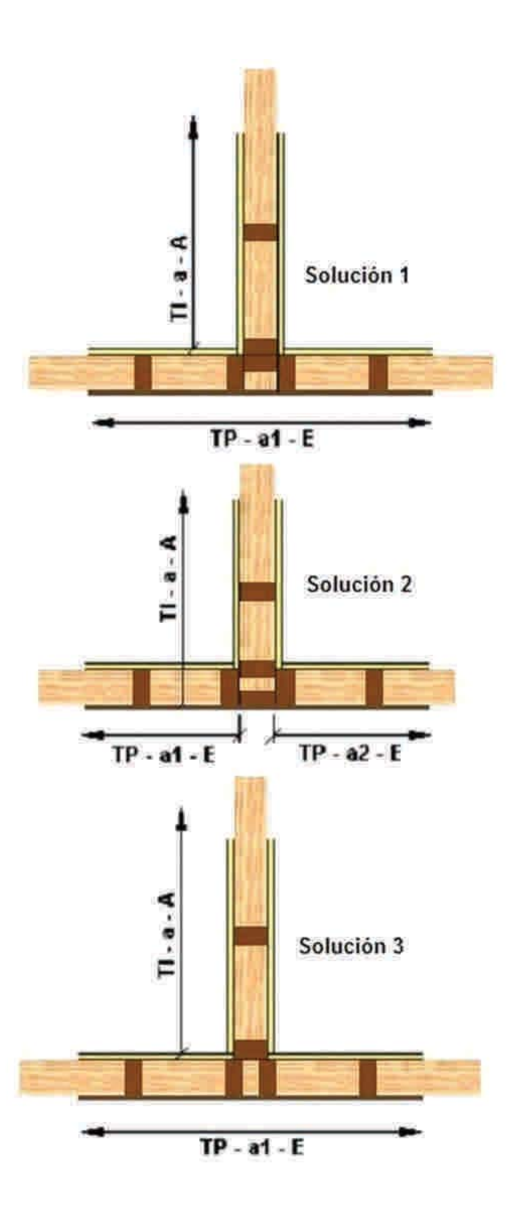


Figura 10 – 62: Vista en planta para el encuentro entre muros y tabiques unidos en "T".

10.7.4 Encuentro en cruz

Corresponde a una variante de la unión en "T", en la cual el tabique que se une ortogonalmente a otro se prolonga, colindante o encastradamente, más allá del punto de unión.

Para este caso, la solera de montaje y la de amarre deben fijarse en forma alternada.

Esta situación se puede resolver por medio de una de las dos alternativas que se presentan a continuación, independiente de si se trata de tabiques soportantes o divisorios (autosoportantes).

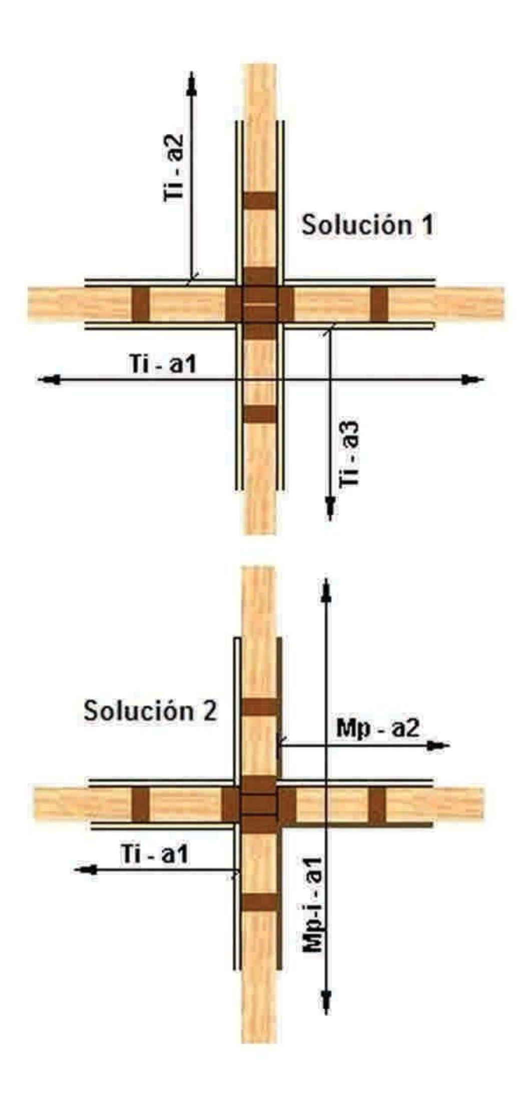


Figura 10 – 63: Soluciones de encuentro entre tabiques unidos en cruz.

Independiente del tipo de encuentro de elementos verticales que se presente o del tipo de opción que se adopte para resolver su fijación, debe definirse en los planos de fabricación y montaje distancia y posicionamiento exacto de la o las piezas de madera requeridas para dicho fin.

10.8 ASPECTOS A CONSIDERAR EN LA FABRICACIÓN Y MONTAJE DE ENTRAMADOS VERTICALES

10.8.1 Introducción

El Sistema Plataforma para la construcción de viviendas permite la prefabricación de la gran mayoría de sus elementos. En este aspecto, los entramados verticales son elementos determinantes en la velocidad de construcción y calidad final de la vivienda.

Para llevar a cabo la prefabricación de los tabiques en general, ya sea en una planta de prearmado o directamente en obra, es necesario desarrollar los planos de fabricación y montaje a partir de lo establecido en el proyecto de arquitectura y el diseño estructural.

Se deben considerar una serie de aspectos que permitan proporcionar la información adecuada para generar dichos planos, para tabiques soportantes y auto soportantes, con toda la información e indicaciones necesarias.

10.8.2 Aspectos del diseño arquitectónico

Una vez que se hayan determinado las dimensiones definitivas de los recintos para una o más plantas de la vivienda, es fundamental estudiar dichas medidas para ajustarlas a la modulación que se defina para los tabiques que conformarán los cerramientos y las divisiones interiores. Estos deben ser múltiplos de los largos comerciales de las piezas de Pino radiata, de escuadrías 2" x 3" y 2" x 4" de 2,40 m; 3,20 m o 4,80 m de largo.

Igualmente la altura de los tabiques se relaciona con los tableros estructurales de madera (terciado fenólico o el de hebras orientadas), de medidas 4 x 8 pies, es decir, 122 x 244 cm (ancho y alto respectivamente).

A continuación se expone un ejemplo donde se muestra el plano planta de arquitectura del primer piso y el plano de modulación correspondiente, con la ubicación de los tabiques que será necesario prefabricar.

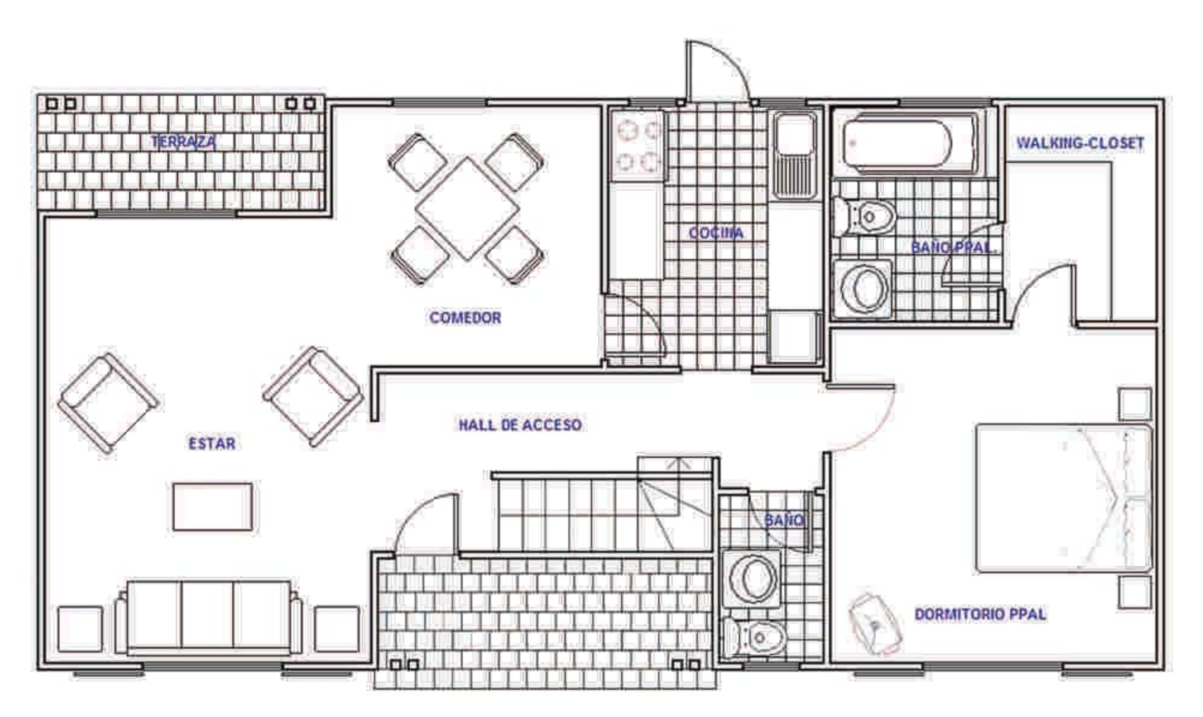
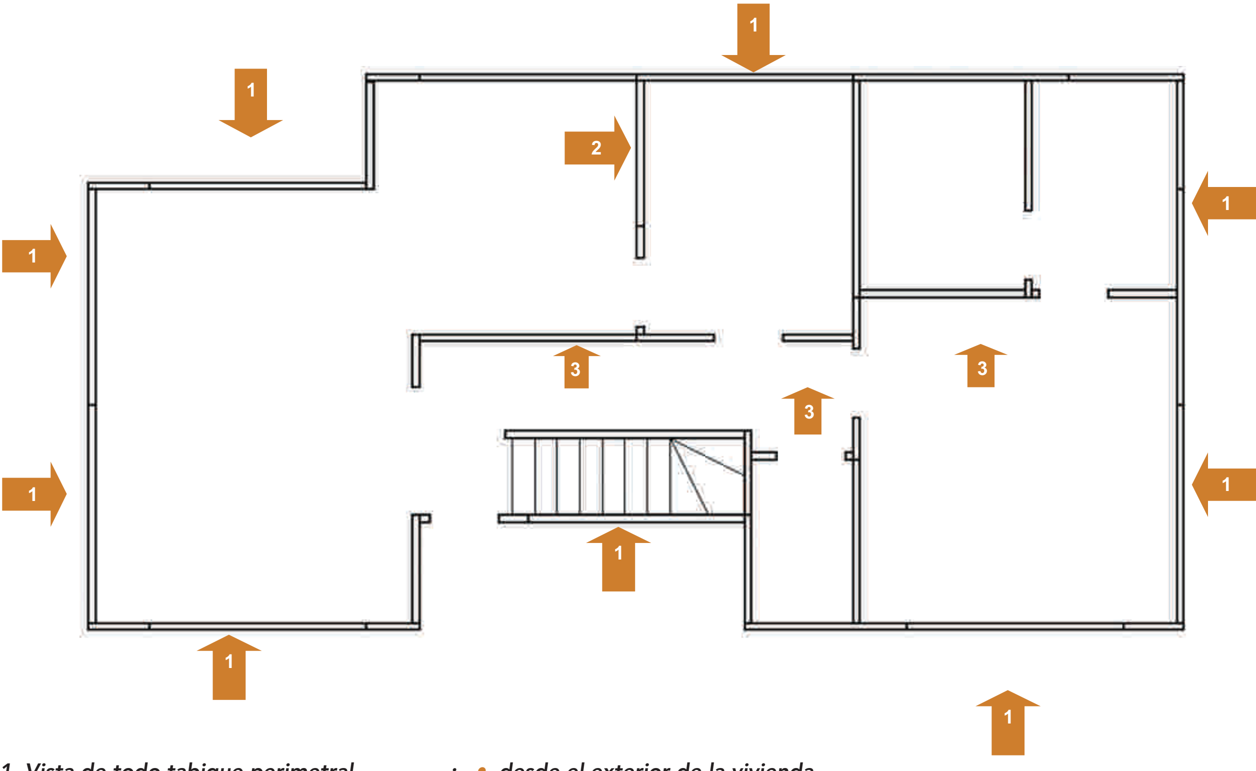


Figura 10 – 64: *Plano planta de arquitectura del primer piso con distribución de recintos.*



1 Vista de todo tabique perimetral : • desde el exterior de la vivienda
2 Vista de todo tabique interior vertical : • de izquierda a derecha.
3 Vista de todo tabique interior horizontal : • de abajo hacia arriba.

Figura 10 – 65: *Plano de ubicación de los tabiques con modulación principal a 2,40m y sub-múltiplos (1,20 m; 0,60 m).*

PLANTA MODULACION DE TABIQUES PRIMER NIVEL

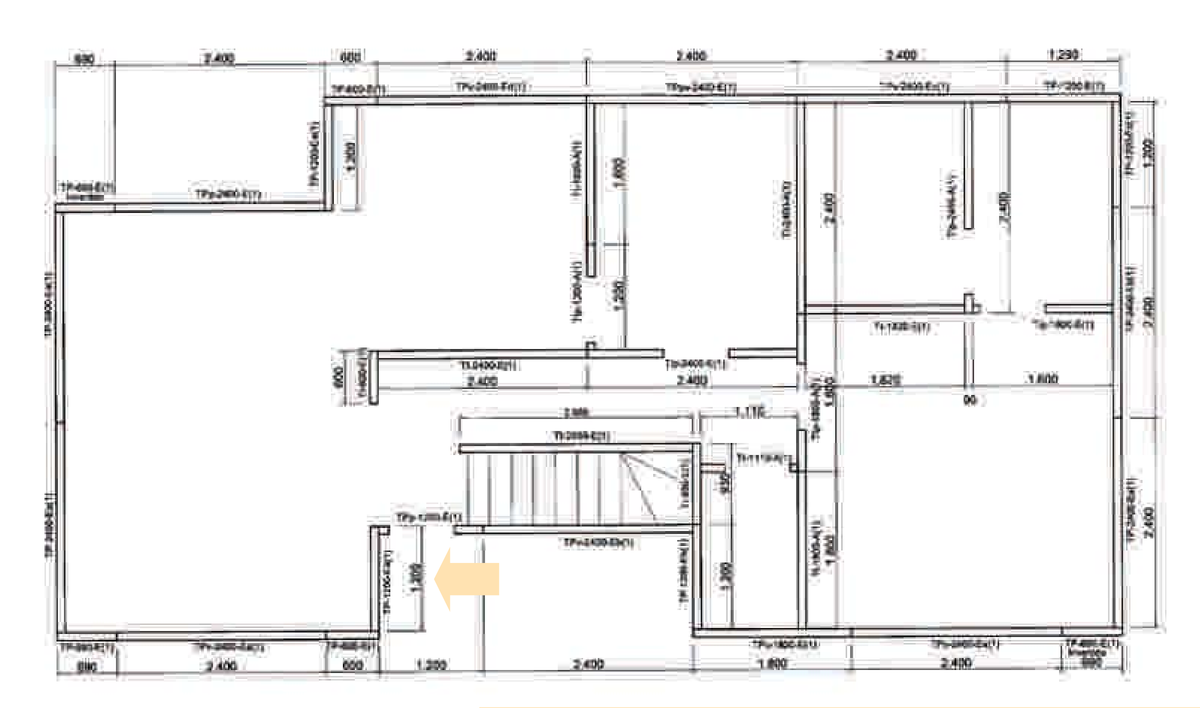


Figura 10 – 66: Plano de planta con ubicación exacta de cada tabique con su dimensión y características principales. Se puede observar que son mínimos los tabiques con dimensiones especiales. Por eso es necesario ajustar las medidas definitivas en el plano planta de arquitectura.

Interpretación de la designación de tabiques:

Ejemplo TP -1200 -E (1)
TP = Tabique Perimetral
1200 = Ancho de tabique en milímetros
E = Estructural Cara exterior revestida con terciado Fenólico u OSB
(1) = Perteneciente al 1° piso

10.8.2.1 Vista en elevación de tabiques

Tal como se observa en la Figura 10 - 66, para la representación de tabiques en los planos de fabricación, su elevación debe ser interpretada según el siguiente orden de vista:

a) Tabiques soportantes perimetrales

Los tabiques soportantes perimetrales siempre se representan en los planos de fabricación y montaje en elevación, vistos desde el exterior de la vivienda, acotando el posicionamiento de cada pieza y su distribución por medio de los cortes transversales que sean necesarios para dicho fin.

Generalmente se requiere de dos cortes, uno en sección horizontal y otro en sección vertical.

De esta forma se establece que, en la cara a la vista de la elevación y va clavado o atornillado el tablero estructural especificado para la función de arriostramiento del elemento.

Por medio de trazos en línea segmentada se debe señalar los bordes de clavado y distribución del tablero, con respecto a la distribución de componentes de madera que conforman el tabique.

b) Tabiques interiores en vertical

Vistos en el plano en forma vertical, se representan en elevación, de izquierda a derecha (flechas apuntando hacia la derecha en **Figura 10 - 65**).

c) Tabiques interiores en horizontal

Vistos en el plano en forma horizontal, se representan en elevación, vistos de abajo hacia arriba (flechas apuntando hacia arriba en **Figura 10 - 65**).

Otro aspecto esencial que debe ser claramente definido en los planos de fabricación y montaje, son la ubicación, cantidad, distribución y acotamiento de todas y cada una de las piezas que componen el tabique.

Como se observa en la elevación de la Figura 10 - 67, a la cabeza y al pie de cada tabique señalado en los planos, se debe representar un corte transversal que define y acota la ubicación y posicionamiento de la totalidad de los componentes del elemento.

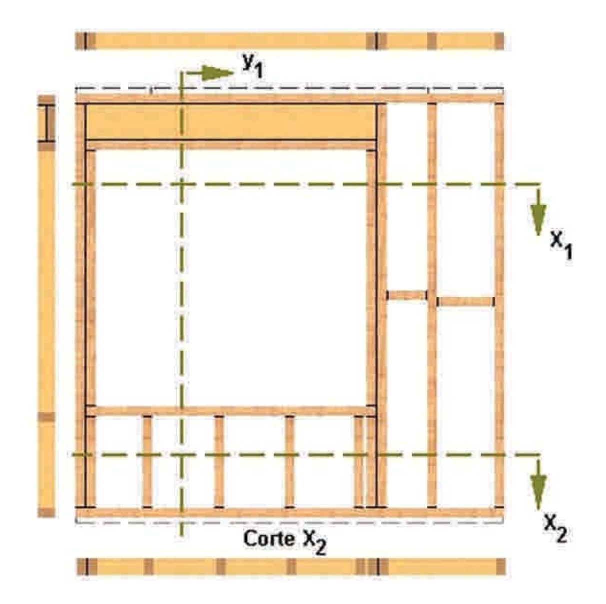


Figura 10 - 67: Elevación con información necesaria para la fabricación y montaje del tabique en obra.

El corte o perfil superior que se considera pasando por el vano de puertas y/o ventana, debe tener líneas de acotamiento (Figura 10 - 67, Corte x1) que definan el posicionamiento de los siguientes componentes:

- De las piezas requeridas para la unión del tabique con otro, ya sea en encuentro "colineal", en "esquina", o en "T".
- Del vano de ventana (o puerta según corresponda), como rasgo libre en obra gruesa sin considerar centros y/o marcos.

El perfil inferior se considera pasando a media altura del tabique o por debajo de antepechos de ventanas, cuando corresponda (Figura 10 - 67, Corte x2). La principal finalidad de esta línea de acotamientos es definir la distribución modulada de todo componente vertical (pie derecho, jambas, muchachos y puntales de dintel), que cumple con la función de componente soportante de los revestimientos.

Finalmente, la línea de acotamiento y corte transversal vertical (**Figura 10 - 67, Corte y1**) define y posiciona información relacionada con:

- Altura de fabricación del tabique
- Altura final del tabique con componentes independientes (solera basal de montaje y solera de amarre)
- Altura de dinteles de puertas y ventanas
- Altura de antepechos en ventanas
- Altura y posición de transversales cortafuego (cadenetas)
- Altura y posición de refuerzos para la fijación de muebles de cocina (base y mural) u otros
- Altura y posición de refuerzos para la fijación de artefactos sanitarios o de equipamiento
- Refuerzos para estructuración de clósets
- Refuerzos para estructuración de escalas

Otro aspecto fundamental que debe ser incorporado en los planos de fabricación y montaje, en los casos que corresponda, es la cantidad y ubicación de pernos de anclaje lateral entre tabiques soportantes, en encuentros de tipo colineal u ortogonal.

10.8.2.2 Nomenclatura básica para la fabricación, designación y ubicación de los tabiques

Dependiendo del tipo de tabique, de los materiales que lo componen y del servicio que prestará, es necesario establecer una nomenclatura básica e inequívoca, que permita conocer las características de uso y destino del tabique que se está observando.

Para dar una correcta caracterización a los tabiques que conforman la vivienda, es necesario presentar parámetros orientados a evitar confusiones e indefiniciones en el proceso de armado, lo que evitará el posterior desarmado, ajuste y rearmado del elemento constructivo en obra:

- Identificar si se trata de un tabique soportante o un tabique autosoportante.
- Identificar si el tabique soportante se ubica en el perímetro o en el interior de la vivienda.
- Definir y acotar su ancho y altura de fabricación.

- Identificar a qué nivel corresponde el elemento constructivo, sea soportante o no (si es de 1° o 2° piso).

- Identificar si el tabique se especifica en dos o más lugares de la vivienda.

- Identificar si el tabique se repite en otro sector de la vivienda, pero en forma invertida o abatido en 180°, sobre uno de sus ejes de simetría.

- Especificar si existe alguna condición especial en el proceso de fabricación y/o montaje.

Como una forma de establecer un ordenamiento mínimo y una caracterización resumida y precisa de un tabique en la etapa de diseño, se deberá tomar en cuenta la siguiente nomenclatura básica.

a) Nombre genérico del tabique
Si se trata de un tabique soportante o autosoportante, éste deberá identificarse según el siguiente esquema:

- TS = Tabique soportante
- TA = Tabique autosoportante

b) Identificación de la ubicación del elemento (interior o exterior)
Independiente del tipo de función (estructural o no), debe identificarse su ubicación o zona de servicio:

- P = Perimetral o a la intemperie
- I = Ubicación interior

c) Identificación de vano de puerta o ventana

- v_n = Vano de ventana
- p_n = Vano de puerta

El subíndice n debe indicar el número correlativo o tipo de ventana o puerta según corresponda.

d) Definición o medida del ancho y altura del tabique
Ancho y altura del tabique expresado en milímetros. Por ejemplo: 2.400 x 2.359 mm.

e) Subíndice por tabique similar
Consiste en incorporar un subíndice a, b, c, etc. después de expresada su dimensión en milímetros, cuando se requiera caracterizar un tabique similar a uno anterior, pero que presenta diferencias en el posicionamiento o cantidad de piezas en el armado de uno o más de sus componentes.

f) Identificación de piso o nivel
Consiste en establecer la ubicación del elemento constructivo cuando se trate de viviendas de dos pisos o más:

- (1) = Muros o tabique de primer piso
- (2) = Muros o tabique de segundo piso

A continuación, se presentan algunos ejemplos para la identificación de tabiques de acuerdo al método descrito:

Caso 1: Tabique soportante perimetral ventana $TSPv_1$– 2400x2360a-(1)

Corresponde a las siguientes características de fabricación e identificación:

- Tabique soportante perimetral (el tablero estructural especificado va fijado en la cara del elemento a la vista en la elevación respectiva): TSP

- Contiene vano de ventana tipo "v_1"

- El ancho del elemento es de 2.400 mm.

- La altura del elemento es de 2.360 mm.

- El elemento es de tipo "a"

- El elemento es de primer piso (1)

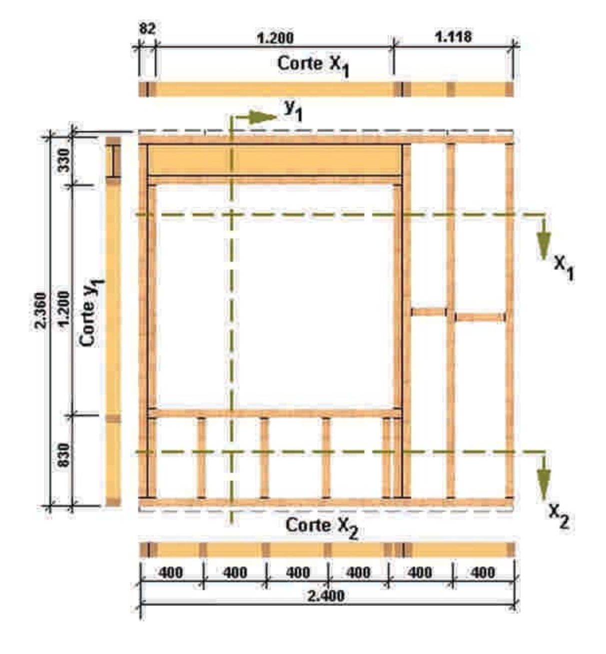


Figura 10 – 68: *Elemento $TSPv_1$ -2400x2360a-(1)*

Caso 2: Tabique soportante perimetral
$TSPv_1$-2400x2360b-(1)

Corresponde a las siguientes características de fabricación e identificación:

- Tabique soportante perimetral (el tablero estructural especificado va fijado en la cara del elemento a la vista en la elevación respectiva): **TSP.**
- Contiene vano de ventana tipo "v_1"
- El ancho del elemento es de **2.400 mm**
- La altura del elemento es de **2.360 mm**
- El elemento es de tipo "**b**", ya que tiene una distribución de piezas distinta con respecto al anterior.
- El elemento es de primer piso **(1)**

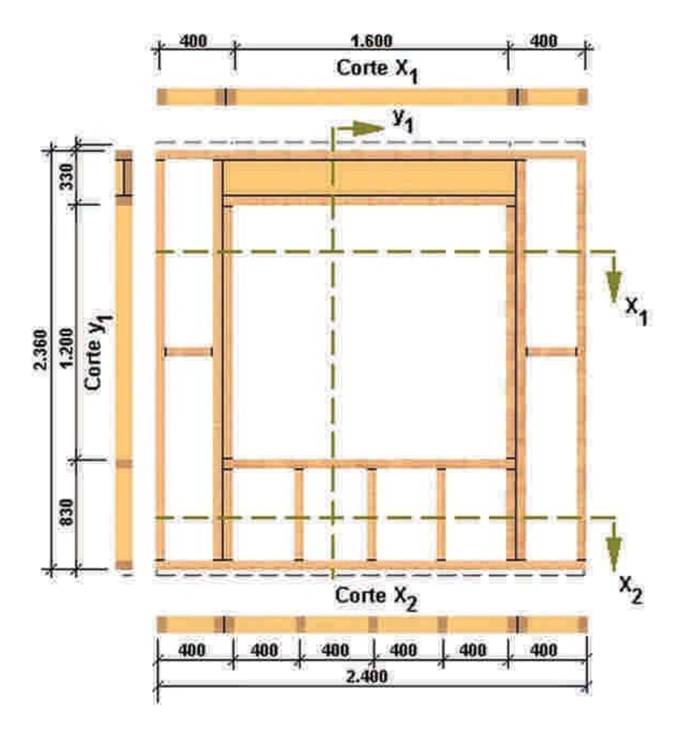


Figura 10 – 69: *Tabique perimetral $TSPv_1$ – 2400 x 2360 b – (1).*

Caso 3: TSP p_2 v_4 – 2400 x 2360 - (1)

Corresponde a las siguientes características de fabricación e identificación:

- Tabique soportante perimetral (el tablero estructural especificado va fijado en la cara del elemento a la vista en la elevación respectiva): **TSP**
- Contiene vano de puerta "p_2" y vano de ventana "v_4"
- El ancho del elemento es de **2.400 mm**
- La altura del elemento es de **2.360 mm**
- El elemento es único
- El elemento es de primer piso **(1)**

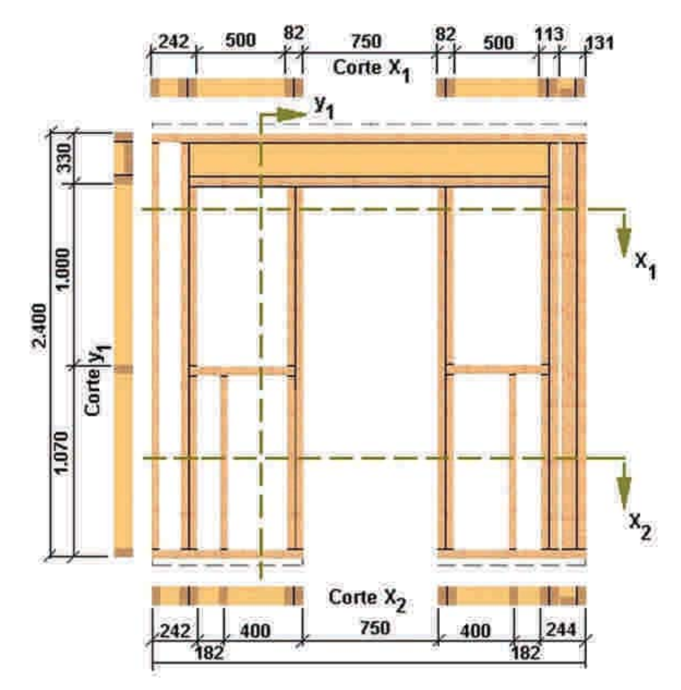


Figura 10–70: *Tabique perimetral $TSPp_2v_4$ -2400x2360-(1).*

Caso 4: Tabique autosoportante TAI p_3- 2040 x 2360-(1):

Corresponde a las siguientes características de fabricación e identificación:

- Tabique autosoportante interior: TAI
- Contiene vano de puerta tipo "p_3"
- El ancho del elemento es de 2.040 mm
- La altura del elemento es de 2.360 mm
- El elemento es único
- El elemento es de primer piso (1)

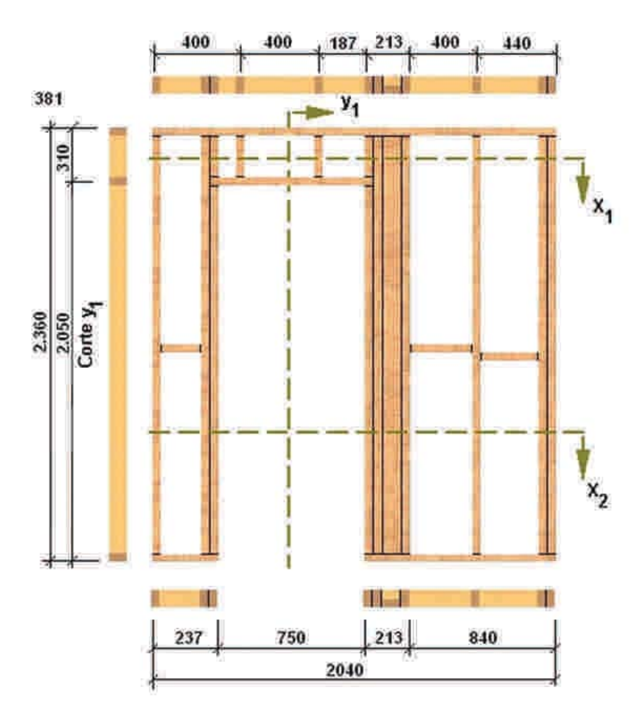


Figura 10 – 71: Tabique interior TAIp_3-2040x2360-(1).

10.8.2.3 Determinación del largo de muros o tabiques a prefabricar

Una vez definidos los aspectos de calidad de materiales utilizados y las bases de cálculo estructural que se usarán, es necesario tener presente una serie de criterios de diseño relevantes y complementarios para llevar a cabo la prefabricación de tabiques o entramados verticales.

En este aspecto, la longitud de fabricación de los tabiques que conforman la estructura de la vivienda es una variable que debe analizarse en profundidad al momento de iniciar esta actividad.

Los criterios a considerar se pueden subdividir en tres grupos:

- **Condiciones de fabricación**
  Consiste en establecer si la fabricación de los tabiques se realizará en una planta de prearmado o en una planta en obra (también pueden ser prefabricados directamente sobre la plataforma de madera u hormigón), para posteriormente ser montados, arriostrados y anclados en su lugar de destino.

  El procedimiento que se establezca debe tener en consideración que, mientras mayor sea la distancia entre la ubicación física de la obra y la de prefabricación de los tabiques, más limitada será la longitud de fabricación de los mismos, o en su defecto, mayor deberá ser el equipamiento requerido para el carguío y traslado de tabiques de dimensiones mayores.

  Por ejemplo, si se tiene que cubrir una gran distancia geográfica entre la planta de fabricación y el lugar de la obra, y no se cuenta con mano de obra y equipamiento para el montaje, la solución recomendada de prefabricación para un tramo de tabique de 7,2 m de largo, será la indicada en la Figura 16 – 72a.

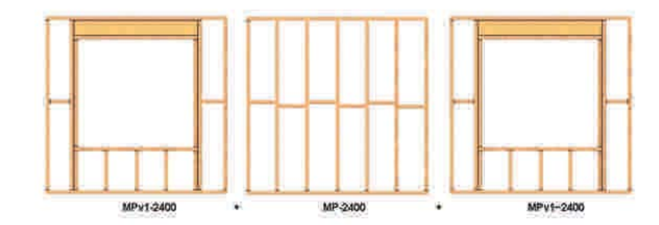


Figura 10 – 72a: Tramo estructural de 7,2 m de longitud, resuelto con la prefabricación y alineación de tres tabiques soportantes sucesivos (colindantes), de igual ancho.

En la Figura 10 - 72b, se plantea igual situación, resuelta con sólo dos tabiques colindantes de iguales características entre sí, pero con un eje de simetría en medio de ambos. Con esta alternativa es posible prefabricar los elementos con mayor longitud y así realizar una menor cantidad de empalmes.

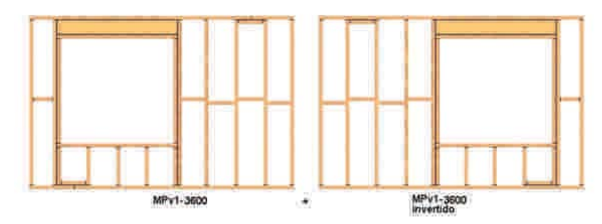


Figura 10 – 72b: Tramo estructural de 7,2 m de longitud resuelto con la prefabricación y alineación de dos tabiques soportantes sucesivos de igual ancho.

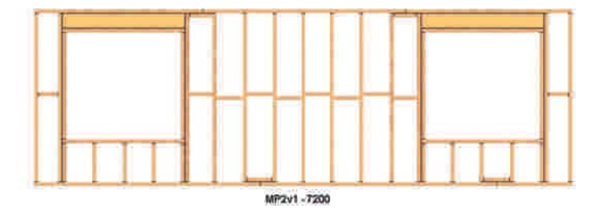


Figura 10 – 72c: Tramo estructural de 7,2 m de longitud, resuelto con la prefabricación y alineación de un tabique soportante.

Por último, la alternativa planteada en la Figura 10 – 72c, se recomienda aplicarla cuando el muro es posible prearmarlo como un solo elemento sobre la misma plataforma y levantar y montar prácticamente sobre su eje de ubicación.



Figura 10 - 73a: Ejemplo de prefabricación de un tabique divisorio en mesa de armado en obra.



Figura 10 - 73b: Traslado manual del elemento prefabricado en obra, de dimensiones 3,20 m de ancho por 2,40 m de alto.



Figura 10 - 73c: El elemento finalmente es levantado, anclado y fijado sobre su eje de ubicación de forma rápida y expedita.

En general, los anchos recomendados para la fabricación de tabiques están relacionados con la modulación de revestimientos y sus dimensiones estándar.

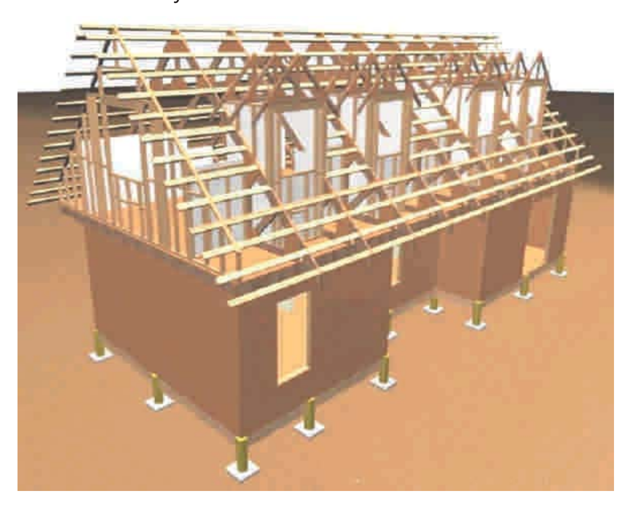


Figura 10 - 74: La totalidad de los tabiques de una vivienda, independientemente de su superficie útil, pueden ser prefabricados y transportados.

10.8.2.4. Determinación de la altura de tabiques a prefabricar

Determinar la altura estándar para la fabricación de tabiques con respecto a una altura de piso a cielo, definido en los planos de arquitectura, requiere tomar en cuenta algunas condiciones básicas en cuanto al uso y complementación de materiales existentes en el mercado nacional.

- **Condiciones de la estructura**
  En este aspecto se consideran aquellas variables que afectan a las dimensiones externas del tabique y los criterios más importantes para determinar especialmente, la altura de fabricación de los tabiques de una vivienda.

Entre las variables más importantes se destacan:

- Tipo de plataforma, es decir, si se trata de madera u hormigón
- Si la vivienda es de 1 ó 2 pisos
- Si se utiliza madera aserrada dimensionada seca o cepillada
- Tipo de revestimiento de los tabiques

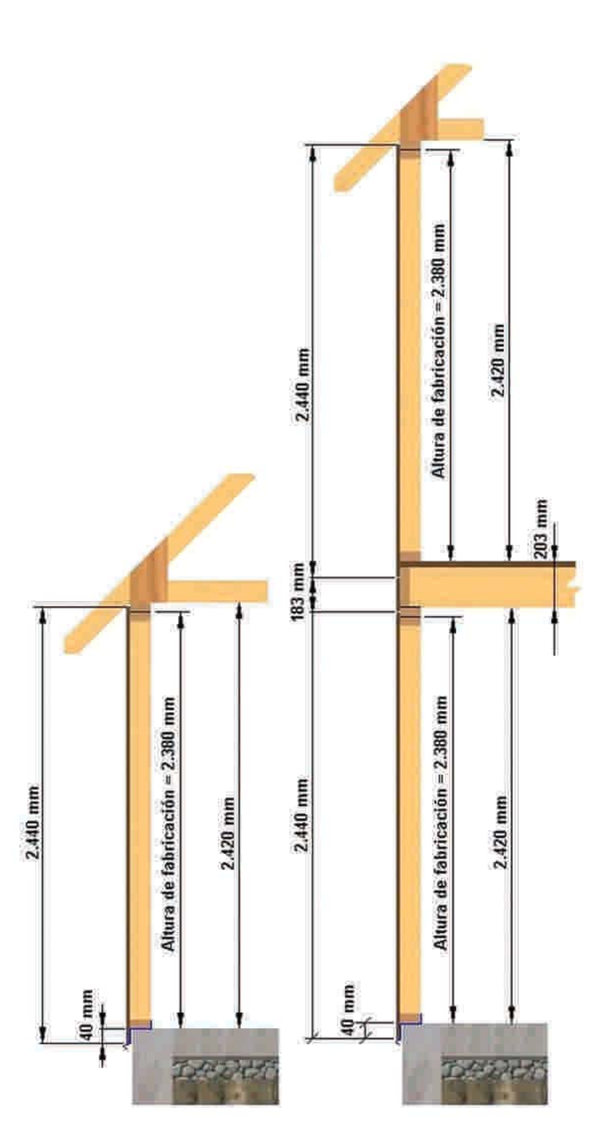


Figura 10 -75: Altura de fabricación de tabiques con madera cepillada sobre plataforma de hormigón para el caso de viviendas de 1o 2 pisos sin considerar solera basal de montaje

En la **Figura 10-75** se puede observar la situación que se produce sin utilizar solera basal de montaje.

En este caso, se sugiere que al diseñar la vivienda se considere como patrón de altura el tablero estructural perimetral, ya sea contrachapado fenólico o tablero de OSB, de dimensiones 1.220 x 2.440 mm (espesor 9 a 12 mm), el cual debe cubrir en la vertical los siguientes componentes:

- **Vivienda de un piso:** Manteniendo la integridad de altura del tablero, desde el borde superior de la solera de amarre hasta 40 mm bajo el borde de la plataforma de hormigón o de madera.

  Esta "pestaña" cumple la función de evitar la penetración e infiltración, a nivel de piso, de agua lluvia y humedad hacia el interior de la vivienda.

- **Vivienda de dos pisos:** Manteniendo la integridad de altura del tablero, el segundo piso se puede resolver de igual forma que el anterior. Sin embargo, para el primer piso es conveniente considerar, como mínimo, los 40 mm de "pestaña" o "cortagotera" y en el borde superior del tablero, coincidir a media altura de la solera de amarre. La franja intermedia, de aproximádamente 183 mm que se produce perimetralmente a la altura del entrepiso, debe ser cubierta con flejes de tablero de igual espesor.

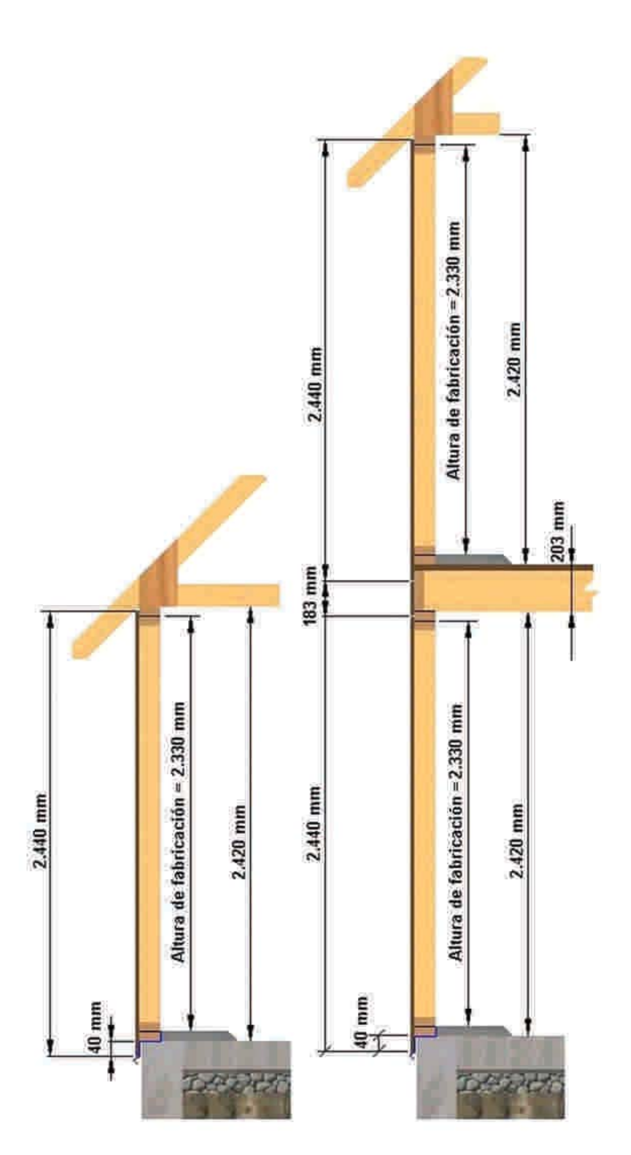


Figura 10 - 76: Altura de fabricación de tabiques con madera cepillada sobre plataforma de hormigón para el caso de viviendas de 1 ó 2 pisos, considerando solera basal de montaje, sobrelosa afinada sobre el radier y loseta liviana acústica en 2° piso; ambas de 40 a 50 mm de espesor.

Cuando se utiliza solera basal de montaje (Figura 10 - 76) y se mantiene la integridad de tableros estructurales perimetrales, la altura final de piso a cielo puede verse disminuida hasta alcanzar 233 cm, lo que en ningún caso afecta la normalidad de viviendas destinadas a habitación.

- **Condiciones de terminación**
  Se deben considerar una serie de variables que afectan la estructura interna del tabique soportante y para evitar producir entorpecimiento en la ejecución, ni adaptaciones, transformaciones o modificaciones que aumenten los costos y retrasen la ejecución de las actividades posteriores.

Entre los aspectos más importantes se puede destacar:

- Dimensión de puertas y ventanas especificadas
- Espesor de marcos y centros de puertas y ventanas
- Espesor del recubrimiento de piso
- Estructura y espesor de cielo raso de la vivienda

Dependiendo de las condiciones anteriormente señaladas, la longitud de fabricación de un tabique puede ser variable:

- Ancho mínimo recomendado: 60 cm
- Ancho máximo recomendado: 480 cm

Con ello, no sólo se busca responder a requerimientos del lugar de prearmado o del medio de transporte utilizado, sino que también a condiciones de:

- Uso y aprovechamiento de largos comerciales de las piezas o perfiles de madera especificada
- Uso y aprovechamiento de tableros estructurales y placas de revestimiento interior



Figura 10 – 77: Etapa de montaje de muros prefabricados en obra directamente sobre la plataforma.

La forma de responder adecuadamente a estos requerimientos es a través de la información proporcionada por los planos de montaje de los elementos prefabricados, que complementaria y coordinadamente con los planos de arquitectura y estructura, deben proporcionar la información necesaria para ejecutar los trabajos de manera secuencial y lógica.

Por esta razón, los planos de montaje forman parte de la gestión de calidad de la edificación y la metodología de su confección debe basarse en los parámetros técnicos que a continuación se describen:

- Cantidad y ubicación de componentes verticales (pie derecho u otros) necesarios para la fijación entre tabiques, en encuentros colindantes, en esquina, en "T" o en cruz.

- La plataforma de madera u hormigón debe corresponder, en dimensiones parciales y totales, con el trazado y ubicación de los tabiques.

- Los tabiques deben ser verificados en cuanto a sus medidas de ancho y posicionamiento de piezas que conforman vanos de puertas y ventanas, de manera que los elementos verticales coincidan con el trazado en planta y encuentros destinados a su lugar de servicio.

- Perforaciones para el paso de pernos de anclaje, tubos, ductos y cañerías de instalaciones básicas y de equipamiento deben ser rectificados, correctamente ejecutados y protegidos de posibles daños, golpes y roturas durante el montaje y colocación de los revestimientos.

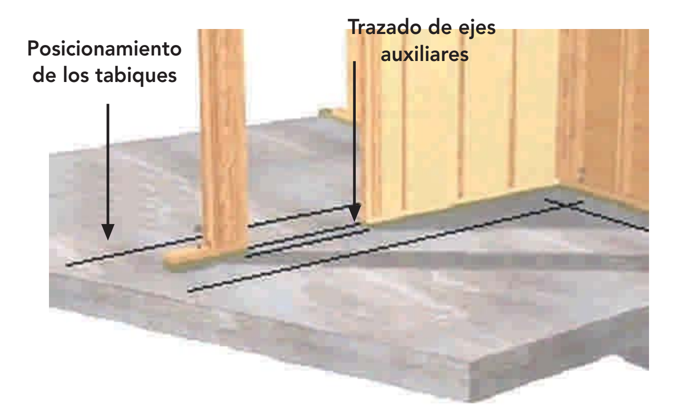


Figura 10 - 78: Tabique posicionado en su lugar de servicio, según el trazado sobre plataforma de hormigón, con encuentro con un tabique interior.

Con el objeto de cumplir con los requerimientos anteriormente descritos, se debe establecer un criterio común para la presentación de la información relevante que se proporcionará en los planos de fabricación y montaje de los entramados verticales de la vivienda.

Los planos de fabricación de muros o tabiques de madera deben indicar con exactitud la ubicación de ellos con respecto del ancho total del elemento y al mismo tiempo, la ubicación con respecto al recinto completo donde éste presta servicio.

Se debe tener presente que la prefabricación de muros y tabiques es una actividad que requiere eficiencia, tanto en el uso de los materiales como en la ejecución. Para ello se debe contar con el espacio físico necesario y con las herramientas adecuadas como son:

- Instrumentos de medición como cintas métricas y metro del carpintero
- Instrumentos de control como plomadas mecánicas, nivel de mano (de 0.80 m de largo como mínimo)
- Martillos balanceados
- Sierras de precisión
- Clavadoras de aire comprimido
- Bancos de armado con guías a escuadra
- Xilohigrómetros, etc

10.8.3 Aspectos a considerar para el traslado y transporte

En general, el transporte de los tabiques y otros elementos prefabricados de madera sólo está condicionado o limitado por el volumen a transportar, por las condiciones climáticas y topográficas del trayecto y del lugar, y no por magnitud de carga trasladada (peso máximo por eje).

En general los factores que deben ser considerados para establecer la forma más adecuada de transportar los elementos prefabricados son:

- Factibilidad de proteger debidamente los tabiques, por medio de láminas o lonas impermeables resistentes a condiciones severas de velocidad, temperatura, humedad del ambiente, lluvia, exceso de exposición al sol y tiempo de transporte, entre otros, para evitar deformaciones en los tabiques ya prefabricados o a la madera paletizada que se traslada para ejecutar la prefabricación en obra.

- La factibilidad de acceder al lugar de la obra con el medio de transporte de carga seleccionado, ya sea por el estado del camino, curvas y pendientes de la ruta, por lo que es aconsejable efectuar un reconocimiento del terreno previamente.

10.8.4 Aspectos generales a considerar en el montaje de los elementos prefabricados

El montaje de los elementos prefabricados debe planificarse desde dos puntos de vista:

10.8.4.1 Montaje de elementos menores

Cuando los elementos constructivos que se montan son tabiques de poca longitud (máximo 4,80 m), puede realizarse manualmente por el personal de la obra, con las debidas precauciones de seguridad que deben adoptarse para dicha situación.

10.8.4.2 Montaje de módulos transportables

Si el sistema de prefabricación contempla el transporte de módulos completos, los cuales pueden encontrarse parcial o completamente terminados, el montaje debe realizarse mecanizadamente, es decir, con la incorporación de maquinas y equipos que permitan realizar dicha faena con alta seguridad, con conocimiento absoluto de los procedimientos a seguir y con la precisión que se requiere.

BIBLIOGRAFIA

- Ambroser, J; Parker, H, "Diseño Simplificado de Estructuras de Madera", 2° Edición, Editorial Limusa S.A de C.V, México D.F, México, 2000.
- American Plywood Association, "Wood Reference Handbook", Canadian Wood Council, Canadá, 1986.
- American Plywood Association, "Guía de Madera Contrachapada", Chile, 1982.
- American Plywood Association, "Madera Contrachapada de EE.UU. para pisos, murallas y techos", Canadá, 1982.
- American Plywood Association, "Construcción para resistir huracanes y terremotos", Chile, 1984.
- American Forest & Paper Association, "Manual for Engineered Wood Construction", AF&PA, Washington D.C, EE.UU., 2001.
- American Forest & Paper Association, "Manual for Engineered Wood Construction", AF&PA, Washington D.C, EE.UU., 1996.
- Arauco, "Ingeniería y Construcción en Madera", Santiago, Chile, 2002.
- Ball, J; "Carpenter and builder library, foundations-layouts-framing", v.3, 4° Edición, Editorial Indiana, EE.UU.,1977.
- Branz, "House Building Guide", Nueva Zelanda, 1998.
- Breyer, D; Fridley, K; Cobeen, K, "Design of wood structures", 4° Edición, Editorial Mc Graw Hill, EE.UU., 1999.
- Building Design & Construction, "Wood-framed building rising to greater heights", v.32 (2):77, EE.UU., Feb. 1991.
- Canadian Wood Council, "Introduction to Wood Design", Ottawa, Canadá, 1997.
- Canadian Wood Council, "Wood Design Manual", Ottawa, Canadá, 2001.
- Canadian Wood Council, "Introduction to wood building technology", Ottawa, Canadá, 1997.
- Canada Mortgage and Housing Corporation, CMHC, "Manual de Construcción de Viviendas con Armadura de Madera – Canadá", Publicado por CMHC, Canadá, 1998.
- Carvallo, V; Pérez, V, "Manual de Construcción en Madera", 2° Edición, Instituto Forestal – Corporación de Fomento de la Producción, Santiago, Chile, Noviembre 1991.
- Code NFPA, "Building Energy", EE.UU., 2002.
- D.F.L. N° 458 y D.S N° 47 Ley y Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU).
- Echeñique, R; Robles, F, "Estructuras de Madera", Editorial Limusa, Grupo Noriega editores, México, 1991.
- Espinoza, M; Mancinelli, C, "Evaluación, Diseño y Montaje de Entramados Prefabricados Industrializados para la Construcción de Viviendas", INFOR, Concepción, Chile, 2000.
- Goring, L.J; Fioc, LCG, "First-Fixing Carpentry Manual", Longman Group Limited, Inglaterra, 1983.
- Guzmán, E; "Curso Elemental de Edificación", 2° Edición, Publicación de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, Santiago, Chile, 1990.
- Hanono, M; "Construcción en Madera", CIMA Producciones Gráficas y Editoriales, Río Negro, Argentina, 2001.
- Faherty, K; Williamson, T, "Wood Engineering and Construction Handbook", 2° Edición, Editorial Mc Graw Hill, EE.UU., 1995.
- Hageman, J; "Contractor's guide to the building code", Craftsman, Carlsbad, California, EE.UU.,1998.
- Heene, A; Schmitt, H, "Tratado de Construcción", 7° Edición Ampliada, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.
- Hempel, R; Cuaderno N° 1 "Entramados Verticales", Editado por Universidad del Bío Bío, Concepción, Chile, 1987.
- Lewis, G; Vogt, F, "Carpentry", 3° Edición, Delmar Thomson Learning, Inc., Nueva York, EE.UU., 2001.
- Mac Donnell, H; Mac Donnell, H.P, "Manual de Construcción Industrializada", Revista Vivienda SRL, Buenos Aires, Argentina, 1999.
- Neufert, E; "Arte de Proyectar en Arquitectura", 14° Edición, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.
- Primiano, J; "Curso Práctico de Edificación con Madera", Editorial Construcciones Sudamericanas, Buenos Aires, Argentina, 1998.
- Simpson Strong-Tie Company, Inc., "Catálogo de Conectores Metálicos Estructurales", 2000.
- Spence, W; "Residencial Framing", Sterling Publishing Company, Inc., Nueva York, EE.UU., 1993.
- Stungo, N; "Arquitectura en Madera", Editorial Naturart S.A Blume, Barcelona, España, 1999.
- Thallon, R; "Graphic Guide to Frame Construction Details for Builder and Designers", The Taunton Press, Canadá, 1991.

- Villasuso, B; "La Madera en la Arquitectura", Editorial El Ateneo Pedro García S.A., Buenos Aires, Argentina, 1997.
- Wagner, J, "House Framing", Creative Homeowner, Nueva Jersey, EE.UU., 1998.
- www.canadianrockport.com (Canadian Rockport Homes Ltd.).
- www.citw.org (Canadian Institute of Treated Wood).
- www.corma.cl (Corporación Chilena de la Madera).
- www.douglashomes.com (Douglas Homes).
- www.durable-wood.com (Wood Durability Web Site).
- www.forintek.ca (Forintek Canada Corp.).
- www.lsuagcenter.com (Anatomía y física de la madera).
- www.lpchile.cl (Louissiana Pacific Ltda.).
- www.inn.cl (Instituto Nacional de Normalización).
- www.fpl.fs.fed.us (Forest Products Laboratory U.S. Department of Agriculture Forest Service).
- www.minvu.cl (Ministerio de Vivienda y Urbanismo).
- www.pestworld.org (National Pest Management Association).
- NCh 173 Of.74 Madera – Terminología General.
- NCh 174 Of.85 Maderas – Unidades empleadas, dimensiones nominales, tolerancias y especificaciones.
- NCh 176/1 Of. 1984 Madera – Parte 1: Determinación de humedad.
- NCh 177 Of.73 Madera - Planchas de fibras de madera. Especificaciones.
- NCh 178 Of.79 Madera aserrada de pino insigne- Clasificación por aspecto.
- NCh 724 Of.79 Paneles a base de madera. Tableros. Vocabulario.
- NCh 760 Of.73 Madera – Tableros de partículas. Especificaciones.
- NCh 789/1 Of.87 Maderas – Parte 1: Clasificación de maderas comerciales por su durabilidad natural.
- NCh 1989 Of.86 Mod.1988 Madera – Agrupamiento de especies madereras según su resistencia. Procedimiento.
- NCh 992 E Of.72. Madera - Defectos a considerar en la clasificación, terminología y métodos de medición.
- NCh 993 Of.72 Madera- Procedimiento y criterios de evaluación para clasificación.
- NCh 1198 Of.91 Madera – Construcciones en madera – Cálculo.
- NCh 1207 Of.90 Pino radiata - Clasificación visual para uso estructural - Especificaciones de los grados de calidad.
- NCh 1990 Of.86 Madera – Tensiones admisibles para madera estructural.
- NCh 1970/2 Of.88 Maderas Parte 2: Especies coníferas – Clasificación visual para uso estructural- Especificaciones de los grados de calidad.
- NCh 2824 Of 2003 Madera – Pino radiata – Unidades, dimensiones y tolerancias.


CORPORACION CHILENA DE LA MADERA
CORMA
CHILE PAIS FORESTAL

Unidad 11

ESTRUCTURA DE TECHUMBRE



Centro de Transferencia Tecnológica

Unidad 11

UNIDAD 11

ESTRUCTURA DE TECHUMBRE



11.1. INTRODUCCIÓN

Se entiende por techumbre toda estructura de una edificación ubicada sobre el cielo del último piso, cuya función es recibir un recubrimiento para aislar a la vivienda del medio ambiente, protegiéndola del frío, calor, viento, lluvia y/o nieve.

Al analizar la techumbre, se debe distinguir dos áreas: una vinculada a la arquitectura (aguas o vertientes y encuentros de techumbres) y otra a la estructuración (tijeral).

Las aguas son superficies planas e inclinadas, encargadas de recibir la lluvia y/o nieve.

Se podrá diseñar la techumbre a dos o cuatro aguas, ya sea de forma tradicional (frontón) o en "cola de pato" (**Figura 11-5**), con o sin lucarna, esta última con una o dos aguas, dependiendo de los requerimientos del mandante o del proyecto de arquitectura.

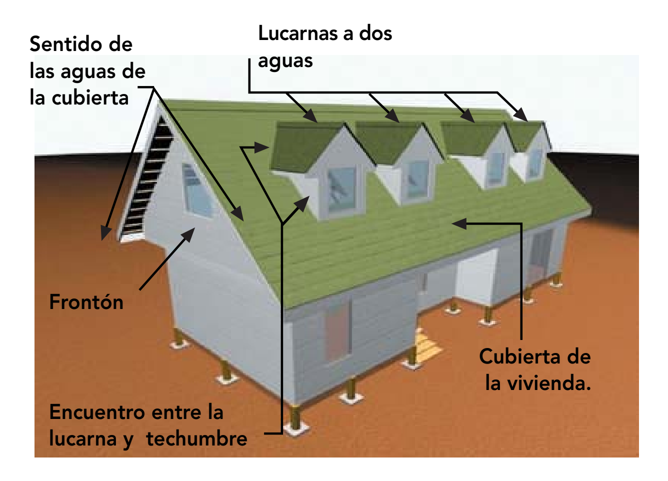


Figura 11-1: Vista en perspectiva de la vivienda con cubierta a dos aguas, donde se aprecia la arquitectura involucrada en la techumbre, que incorpora lucarnas y frontones.

La pendiente de las aguas, es decir, el ángulo que tienen éstas con respecto a un plano horizontal cualquiera, se define en la etapa de diseño y está supeditada a las condiciones climáticas de la zona (precipitaciones y nieve) en combinación con la arquitectura de la vivienda. Puede ser expresada en porcentaje o en grados.

Grados: se refiere al ángulo que se forma entre el plano de las aguas y el plano horizontal.

Porcentaje: establece un número de unidades que se debe subir en vertical por cada 100 en horizontal.

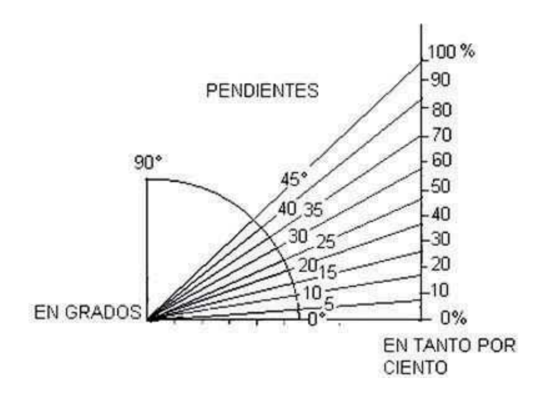


Figura 11-2: Relación entre grados y porcentajes para determinar la pendiente de una techumbre.

Como prolongación de las aguas de una techumbre está el alero, el que además de obedecer a razones arquitectónicas, cumple con una función de protección perimetral de la vivienda, tanto en lo que se refiere al posible ingreso de las aguas lluvia y nieve a través de ventanas y puertas como también acortar el escurrimiento libre de las aguas que se produce en los paramentos exteriores. Igualmente, impide el ingreso de los rayos solares en forma directa en las estaciones y horas de mayor calor, según la orientación de la vivienda.

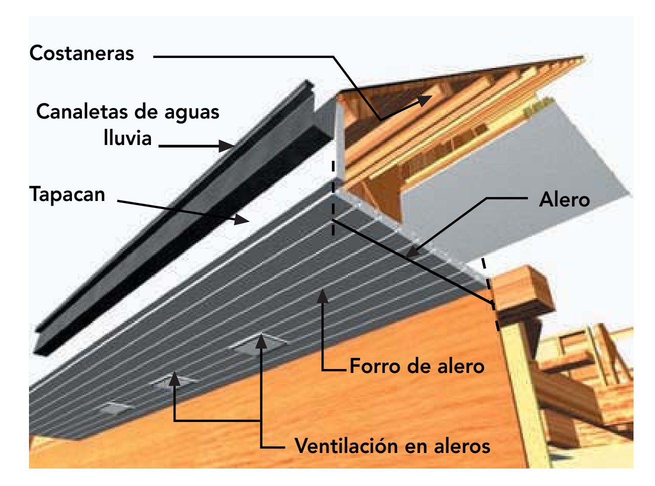


Figura 11-3: Presentación del alero y sus componentes.

Los encuentros de techumbres también quedarán definidos por el diseño de planta del primer y segundo nivel de la vivienda, dando origen a una diversidad de formas, siendo las más utilizadas las rectangulares H, L, T o U.

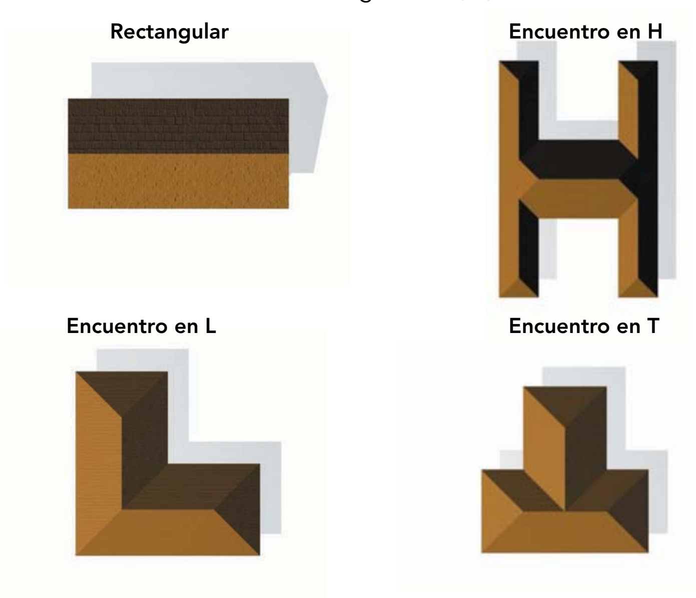


Figura 11-4: Algunos tipos de encuentros entre techumbres.

La enmaderación, conocida como tijeral, será la encargada de soportar la cubierta y las cargas que solicita la techumbre, transmitiéndolas a los muros soportantes. Por consiguiente, los elementos que la conforman cumplen funciones estructurales.

Generalmente las luces que se deben salvar en viviendas tradicionales no son mayores a 10 m, por lo tanto la madera resulta ser un material idóneo para solucionar la techumbre, de bajo peso en relación a su resistencia, con posibilidad de aumentar su resistencia y largos mediante el traslape de piezas paralelas u otros métodos (vigas compuestas, reticuladas, doble T y maderas laminadas, entre otros).

La materialización del tijeral se puede realizar a través de dos sistemas, **cerchas o diafragmas inclinados**, pudiendo existir la situación que en una misma techumbre se necesiten ambos sistemas.

Los procesos constructivos y las consideraciones de diseño estructural son diferentes, según se trate de cercha o diafragma inclinado, como se abordará en esta unidad.

11.2. TERMINOLOGÍA

Identificar y definir los elementos que se generan por los encuentros de las aguas y que conforman el tijeral ayudará a tener una mejor comprensión, por lo que deben conocerse los siguientes términos:

Cumbrera: arista superior horizontal más alta que separa dos aguas de la techumbre.

Limatón o limatesa: elemento angosto que va sobre la arista inclinada que se genera en la intersección de dos aguas, separando el escurrimiento de las aguas lluvias.

Limahoyas: elemento angosto que va sobre la arista inclinada que se genera en la intersección de dos aguas, recibiendo y canalizando las aguas lluvias.

Frontón: tabique soportante, generalmente triangular, con el que se remata la techumbre.

Techumbre en cola de pato: prolongación de la cumbrera y de las aguas que ésta divide, que conforma un alero especial como protección de un paramento (en el cual normalmente se ubica una ventana o una celosía para ventilación de la techumbre).

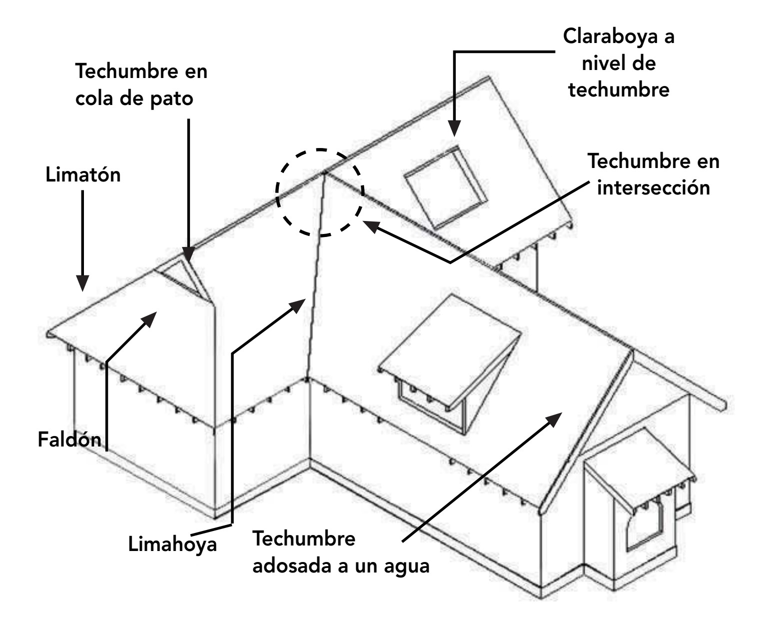


Figura 11-5: Ubicación de los diferentes elementos que conforman una techumbre.



UNIDAD 11
ESTRUCTURA DE TECHUMBRE

11.3. ETAPAS DEL PROYECTO RELACIONADAS CON LA ARQUITECTURA Y ESTRUCTURA DE LA TECHUMBRE

En la solución de la techumbre se deben considerar los aspectos que conforman el proyecto arquitectónico, la solución estructural, su fabricación y montaje, siempre teniendo en cuenta los aspectos de seguridad, durabilidad y costo.

11.3.1. Criterio general en el diseño arquitectónico de la techumbre

De acuerdo a los requerimientos del mandante, estilo arquitectónico y consideraciones climáticas, en esta etapa se desarrollan diferentes planos que muestran la solución de la techumbre de la vivienda.

Plano planta de la techumbre: muestra el número de aguas, tipos de encuentros que se generan de los diferentes planos de la techumbre y mediciones proyectadas al plano horizontal, generalmente a escala 1: 100.

Plano de elevaciones de la vivienda prototipo: muestra las diferentes vistas de la vivienda, características de la o las cumbreras, limatones, limahoyas, lucarnas con su ubicación, y forma del o los frontones, generalmente a escala 1: 100.

Plano de cortes de la techumbre: se muestran los espacios interiores de la techumbre que permiten identificar las características de los elementos que conforman el tijeral y lucarna, entre otros, generalmente a escala 1: 100.

Plano de detalles: muestra a una escala mayor (1:50, 1:25) los detalles de soluciones específicas de las uniones y encuentros de los diferentes elementos que conforman la techumbre.

Especificaciones técnicas: documento en que se establece el tipo y calidad de los materiales de la techumbre complementando los respectivos planos y normas constructivas que deben cumplirse en las sucesivas etapas de la edificación.

El diseñador debe considerar una relación proporcional entre la vivienda y la techumbre, prever el futuro uso del entretecho (mansarda), número y ubicación de lucarnas (de una o dos aguas) o claraboya, entre otros.



VISTA DE ELEVACIÓN ANTERIOR

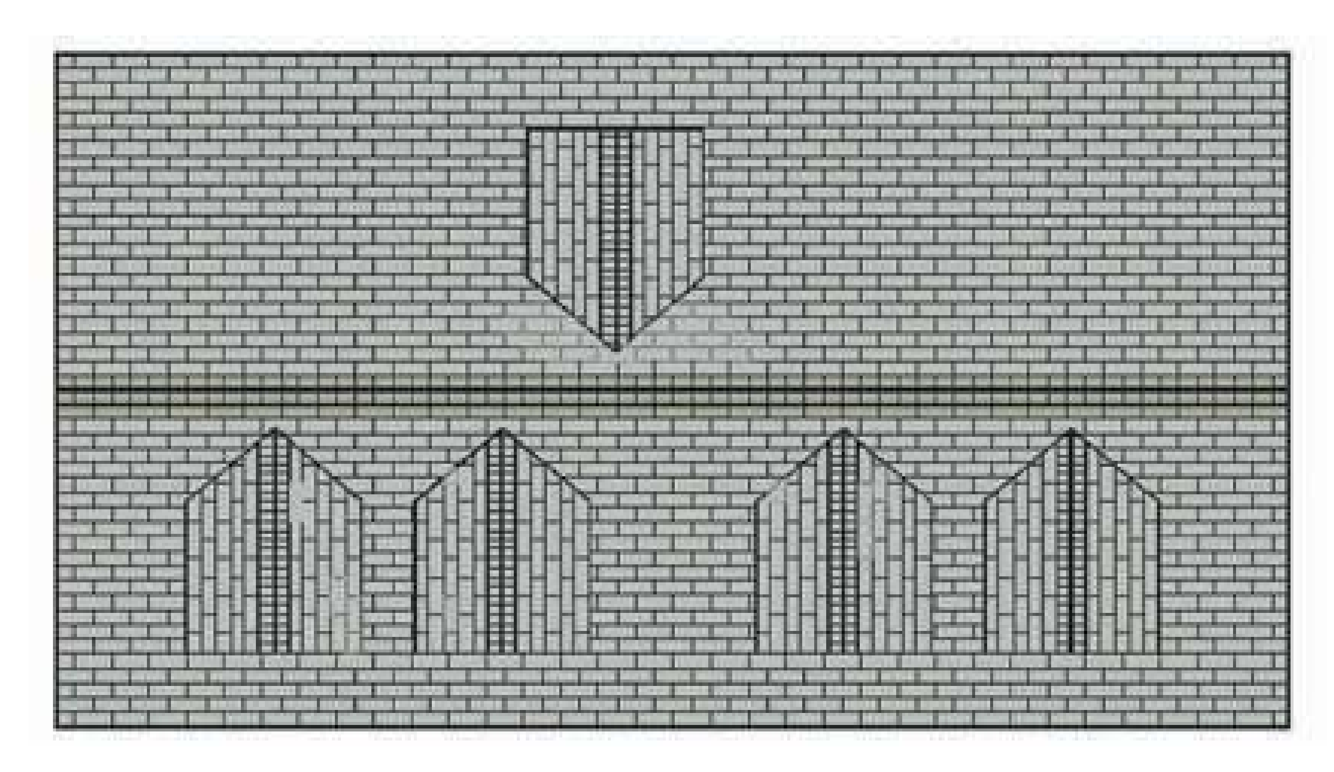


VISTA DE ELEVACIÓN POSTERIOR



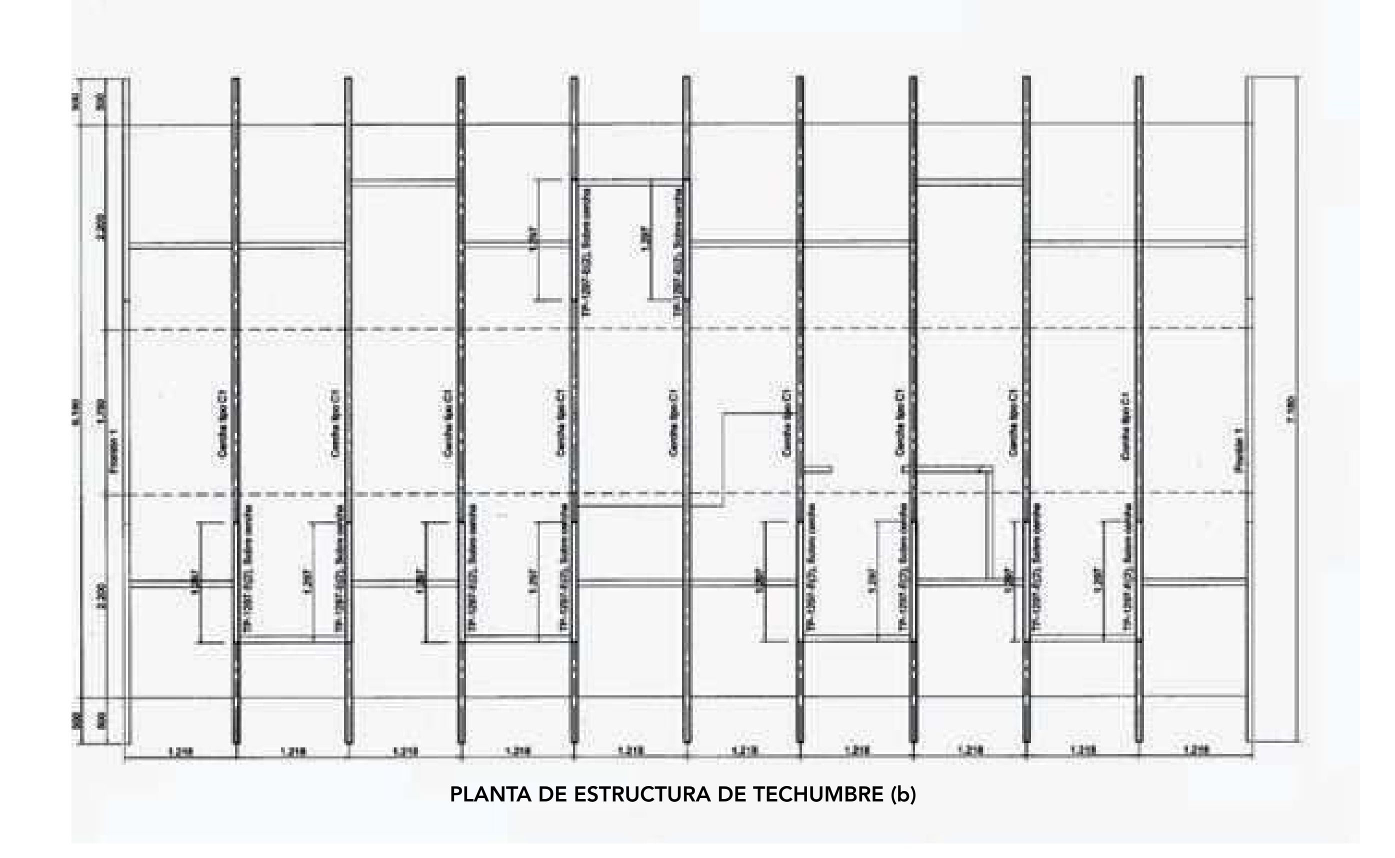
VISTA DE ELEVACIÓN LATERAL

Figura 11-6: Vista de tres elevaciones de la vivienda prototipo, que muestran las diferentes características generales de la techumbre.

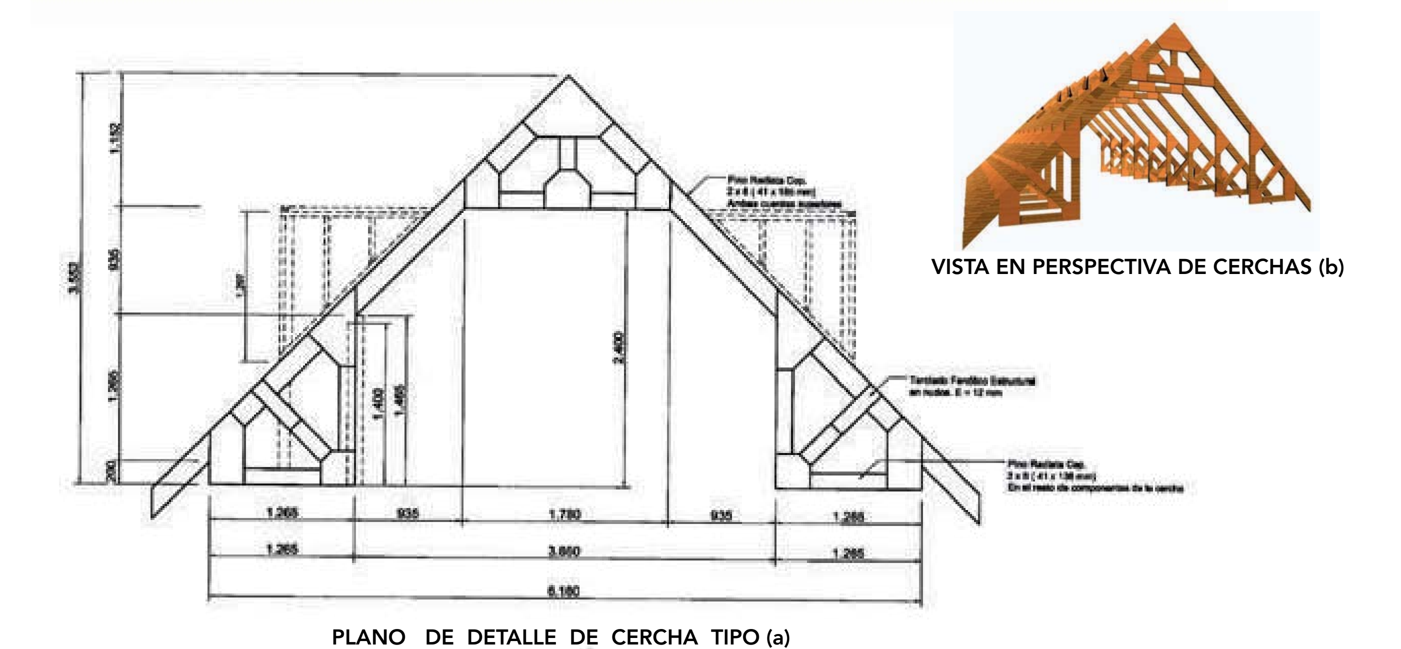


PLANTA DE CUBIERTA DE TECHUMBRE (a)

Figura 11 – 7: Los planos muestran dos aspectos de la techumbre: (a) plano que conforma las aguas de la cubierta principal y cubierta de las lucarnas; y (b) plano con la ubicación exacta de cada una de las cerchas tipo de la mansarda, frontones extremos y lucarnas.



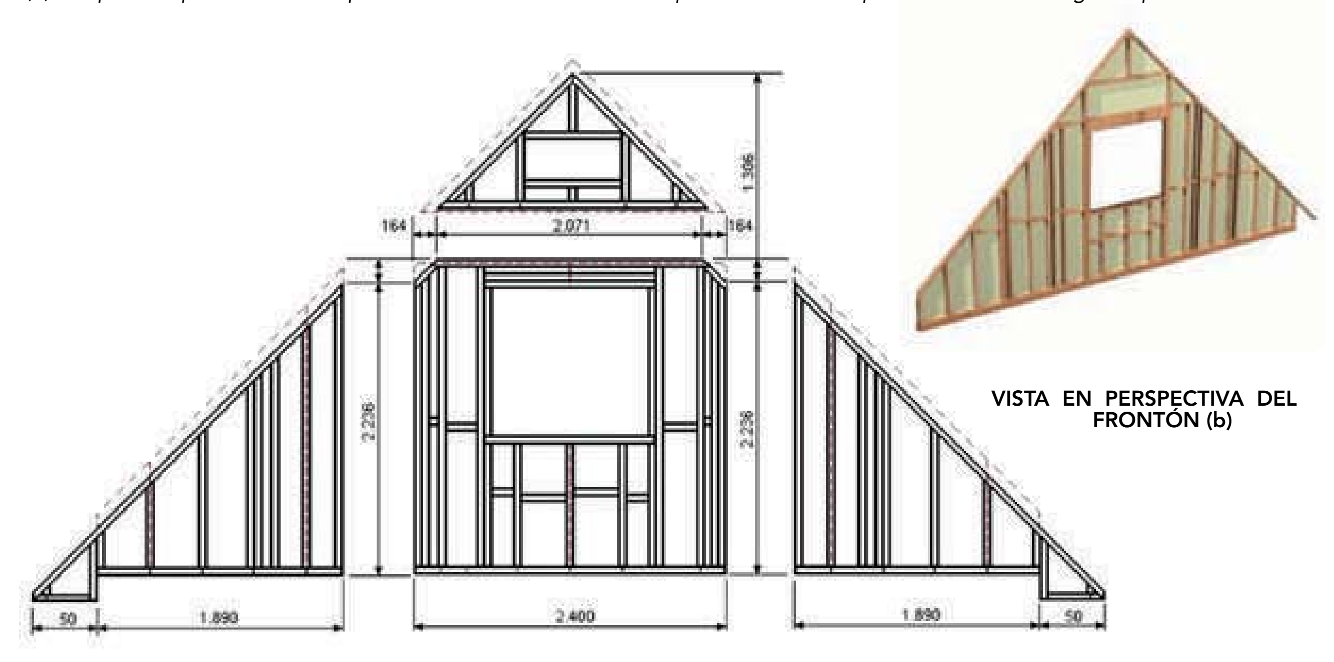
PLANTA DE ESTRUCTURA DE TECHUMBRE (b)



VISTA EN PERSPECTIVA DE CERCHAS (b)

PLANO DE DETALLE DE CERCHA TIPO (a)

Figura 11 – 8: ***(a)*** *Plano de detalles que muestra largos, disposición y formas de las diferentes piezas que conforman la cercha habitable tipo, con solución de encuentros y especificaciones, además de la disposición de lucarnas en ésta. (b) Perspectiva que muestra la disposición definitiva de las cerchas que conforman el espacio habitable del segundo piso.*



VISTA EN PERSPECTIVA DEL FRONTÓN (b)

PLANO DE DETALLE DEL FRONTÓN TIPO (a)

Figura 11 – 9 : ***(a)*** *Plano de detalle que muestra largos y disposición de las diferentes piezas de los tabiques que conforman el frontón tipo. (b) Vista en perspectiva del frontón ya armado en la disposición de la techumbre, faltando la colocación del suple de alero.*

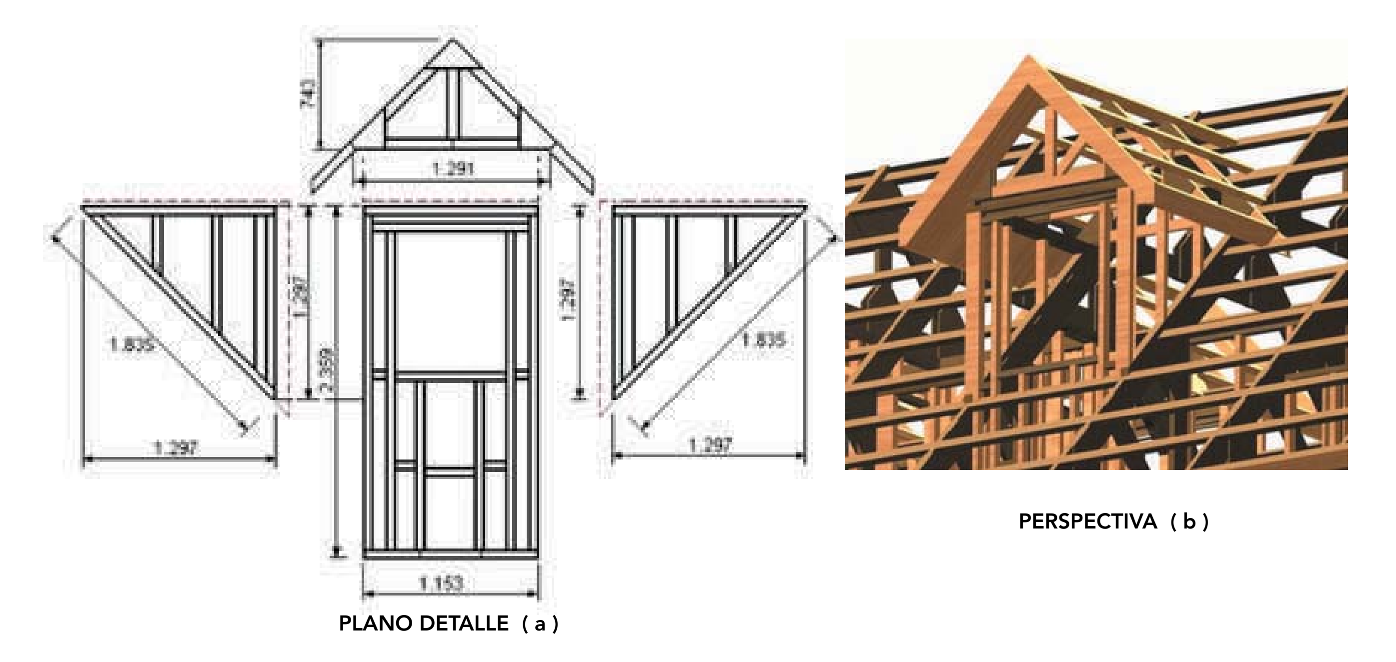


Figura 11 – 10: ***(a)*** *Plano de detalle que muestra largos y disposición de las diferentes piezas que conforman las estructuras que conforman la lucarna tipo. (b) Vista en perspectiva de la lucarna armada instalada en la techumbre.*

En la solución geométrica de la techumbre estándar se consideran los ángulos de limatón y limahoya a 45° con respecto a la solera de amarre, es decir, las esquinas de la techumbre se consideran generalmente de 90°, como se muestra en la **Figura 11-11**.

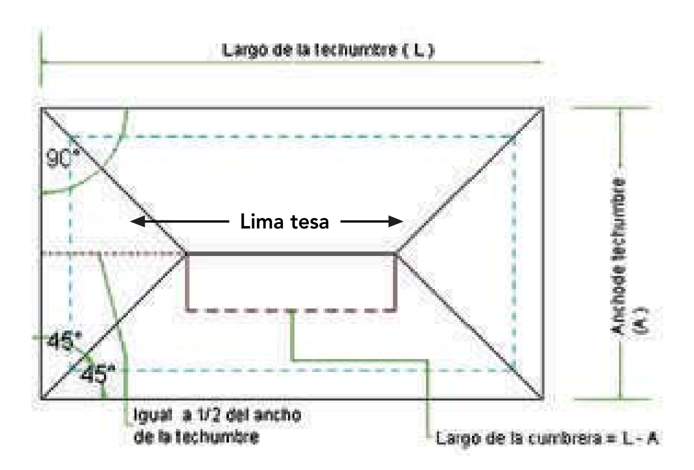


Figura 11-11: Planta de techumbre que muestra los ángulos necesarios entre elementos para el desarrollo del proyecto de techumbre.

11.3.2. Criterio general en el diseño estructural

La información para el desarrollo del diseño estructural requiere de la arquitectura definitiva de la techumbre, obteniéndose las distancias entre apoyos, alturas de cumbreras, anchos y tipos de aleros y solución de cubierta.

Además se requiere precisar el lugar donde se emplazará la vivienda para obtener la intensidad de solicitaciones que se requieren por viento y nieve.

Con la información anterior e identificando las diferentes cargas a que estará sometida la estructura de techumbre (peso propio, solución de cubierta, cargas nieve, viento, esfuerzos por sismo), el calculista puede determinar la especie, escuadría, elaboración, contenido máximo de humedad, grado estructural y período de estabilización de la madera a utilizar, tipo de solución de las uniones, riostras necesarias y distancia entre elementos que conformarán la techumbre.

Para el diseño estructural de los elementos que conformarán la techumbre se debe:

- Modelar sus propiedades, uniones, cargas, apoyos y geometría de la estructura, de modo de poder aplicar los procedimientos analíticos.
- Respetar estrictamente las especificaciones de la norma de cálculo NCh1198 Of 91, considerando las sobrecargas permanentes y de servicio conforme a la norma NCh1537 Of 86, que varían en función de la pendiente del plano y del área tributaria de la techumbre.
- Cumplir con las condiciones que se explicitan en el Artículo 5.6.12. de la Ley y Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones y que indican que:

1.- Su peso propio deberá ser inferior a 0,8 kPa (80 kgf/m2).

2.- Su estructura deberá estar arriostrada tanto en los planos horizontales como en los verticales e inclinados, mediante diagonales de escuadría mínima de 19 mm x 95 mm.

3.- En zonas de frecuente ocurrencia de nevazones, la pendiente mínima con respecto al plano horizontal será de 60%. El diseño deberá impedir que se formen bolsones de nieve.

11.3.3. Criterios generales de fabricación y montaje

En esta etapa se deben distinguir los procesos de construcción involucrados en función del tipo de solución estructural establecido en el proyecto de techumbre (cercha o diafragma inclinado).

En el caso de la techumbre solucionada con cerchas, su materialización tendrá dos etapas: una de fabricación y otra de montaje y fijación.

Su armado se puede realizar mediante la prefabricación de las cerchas en una planta especializada o construida a pie de obra. Se debe tener especial cuidado en su traslado y almacenamiento, evitando someterlas a esfuerzos para los cuales no fueron diseñadas.



Figura 11-12: Fabricación de cerchas y frontones en planta industrializada.

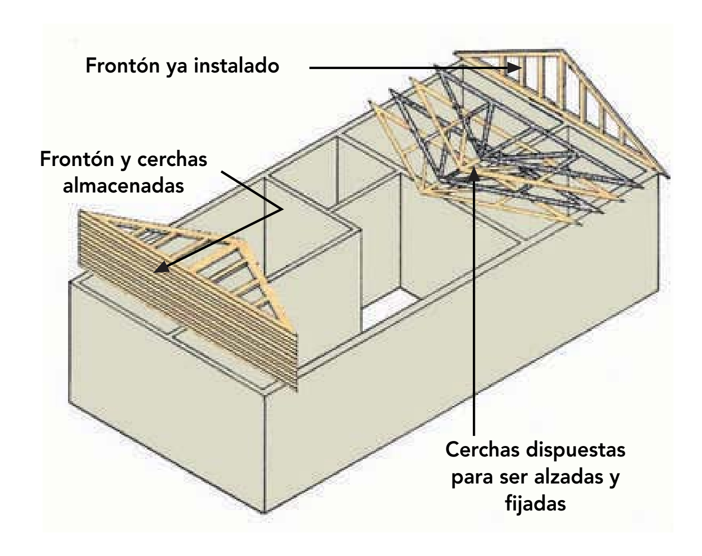


Figura 11-13: Almacenamiento de cerchas sobre los tabiques que las sostendrán cuando se instalen definitivamente.

En el caso de diafragma inclinado, tendrán una etapa de replanteo en las líneas de corte sobre los elementos que los conformarán, posterior corte de aquellos y armado en el lugar que corresponda.

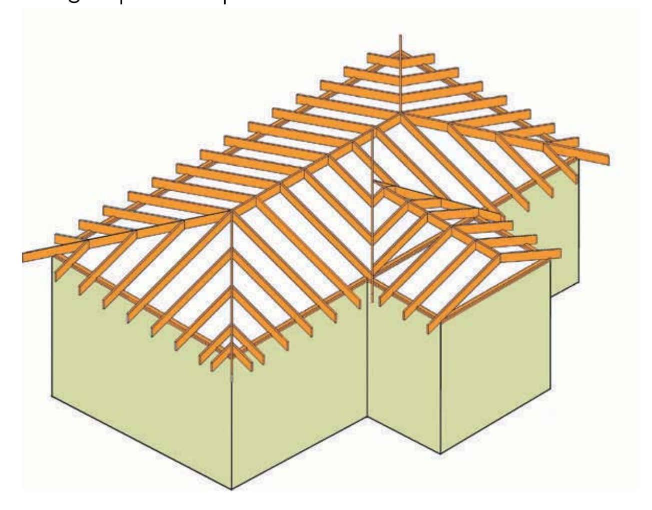


Figura 11-14: Techumbre materializada con diafragma inclinado.

Independiente de la solución de techumbre, es imprescindible realizar un adecuado estudio respecto a la solución dada por planos, en lo que se refiere a plazos de fabricación y montaje (cerchas), corte y armado en terreno (diafragma inclinado), gestión de calidad y costos de esta actividad.

11.4. SOLUCIÓN DE LA ESTRUCTURA CON CERCHAS

Esta solución entrega una estructura cuya unidad planimétrica básica es el triángulo (figura geométrica indeformable), que en una o múltiples combinaciones conformará la cercha.

La cercha es de fácil y rápida confección, puede ser prefabricada o armada a pie de obra y su diseño le permite salvar grandes luces. El tamaño no está limitado por el largo de las piezas comerciales, puesto que existen sistemas de unión que permiten conformar elementos de dimensiones mayores. Su uso en viviendas evita sobrecargar la estructura de los pisos inferiores, y la necesidad de tabiques estructurales interiores.

Como inconveniente está el hecho que en general reduce el aprovechamiento de la mansarda, pero existen alternativas de cerchas que permiten un mejor uso de dicho espacio.

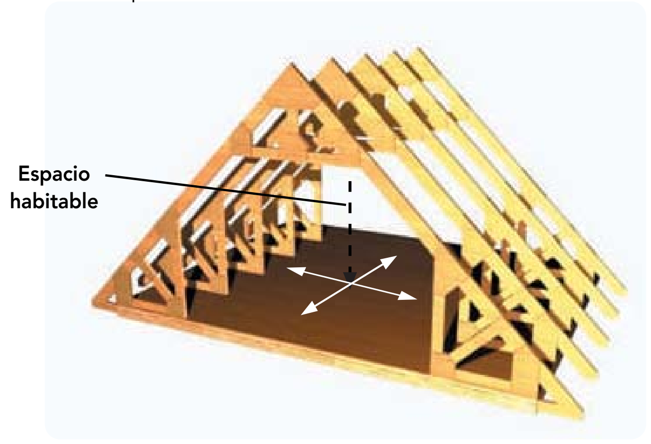


Figura 11-15: Cerchas habitables que forman la mansarda.

11.4.1. Elementos que conforman una cercha

Par o pierna: cada una de las dos piezas inclinadas de un tijeral que forman las aguas de una techumbre.

Tirante: pieza horizontal de una cercha que une el extremo inferior de los pares e impide que se separen.

Diagonales: pieza inclinada que une un par con el tirante.

Tornapunta: elemento que disminuye la luz de los pares y por lo tanto su escuadría.

Pendolón: elemento vertical que une un punto de la cumbrera con otro del tirante.

Péndola o montante: elemento vertical que une un punto del par con otro del tirante.

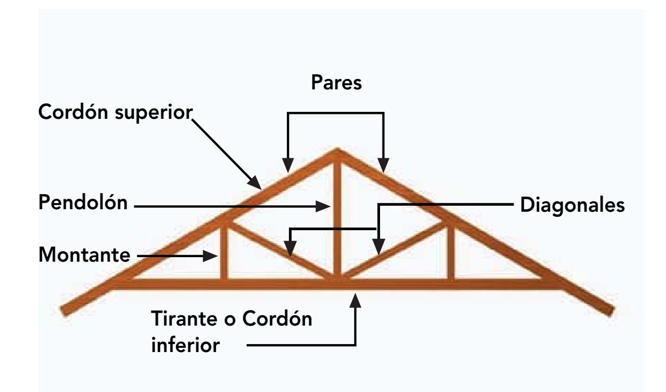


Figura 11-16: Elementos que constituyen una cercha.

11.4.2. Tipos de cerchas y su clasificación

Existen distintos tipos de cerchas, pudiendo clasificarse por su forma, distribución de las piezas interiores, sección, materiales que la conforman y por el tipo de unión a emplear.

A continuación se describen los tipos de cerchas, analizando el ejemplo más representativo en cada caso.

a) **Por forma:** se refiere a la figura geométrica que representan los elementos envolventes, existiendo, las de forma triangular, trapezoidal y parabólica, entre otras.

- **Triangular:** Es la más utilizada y permite salvar todo tipo de luces. Normalmente está constituida por elementos aserrados, pero en luces mayores se hace recomendable emplear elementos laminados, en especial para los pares, evitando tener que solucionar con herrajes especiales los empalmes de tope en piezas.

  Su pendiente va generalmente entre los 12° a 45°. Si tiene una pendiente mayor genera gran altura interior de difícil aprovechamiento, se aumenta la tendencia al volcamiento y se deben aumentar las secciones de las piezas que trabajen a la compresión para evitar el pandeo.

  El tener una fuerte pendiente (30° a 60° con respecto a un plano horizontal), permite un escurrimiento rápido de las aguas lluvias y/o nieve, apropiado para climas lluviosos.

- **Tijera:** Se caracteriza por tener tanto su cordón inferior como superior inclinados, fluctuando el ángulo del par superior entre los 15° y 35°. La ventaja de este tipo de estructura es que se logra una mayor altura en la parte central del espacio que cubre.

- **Rectangular:** Generalmente se le conoce con el nombre de viga armada o de celosía. Puede salvar lu-

ces desde los 7 hasta los 30 m. Se emplea como estructura de techumbres, entrepiso y arriostramiento longitudinal.

- **Curva:** Esta cercha debe su nombre a que el cordón superior es curvo, característica que estáticamente las hace muy adecuadas en caso de cargas uniformemente repartidas, ya que las cargas inducen esfuerzos pequeños en las barras. Su uso se justifica a partir de luces de 20 m, pudiendo llegar a salvar luces superiores a 60 m si se usa madera laminada.

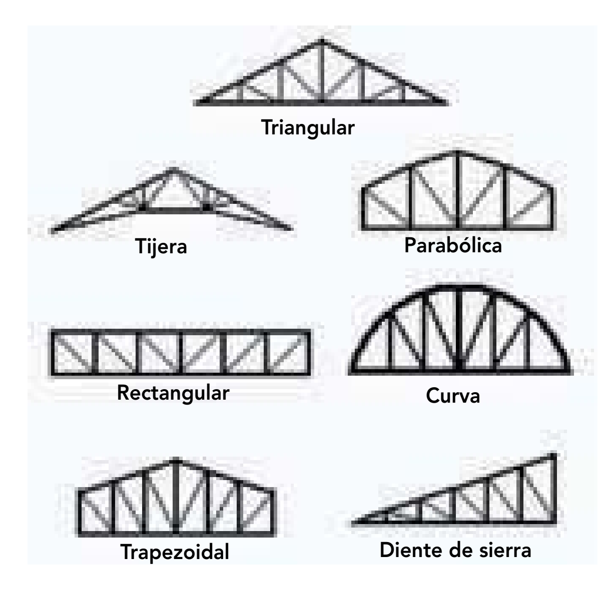


Figura 11-17: Cerchas clasificadas según su forma.

b) Por distribución de las piezas: están asociadas a nombres particulares como cercha Howe, Pratt, Warren, Fink, entre otras.

- **Howe:** Está compuesta por montantes que trabajan a la tracción y diagonales que lo hacen a la compresión. Es apta para ser trabajada en un mismo material.

- **Pratt:** Consta de montantes verticales que trabajan a la compresión y diagonales a la tracción. Los elementos diagonales encargados de resistir el esfuerzo de tracción son más largos que los sometidos a la compresión. Se recomienda su uso para pendientes entre 25° y 45° y luces de hasta 30 m.

- **Fink:** Es la más usada para viviendas o estructuras livianas. Permite salvar luces de entre 12 a 18 m siempre que la pendiente sea superior a 45°.

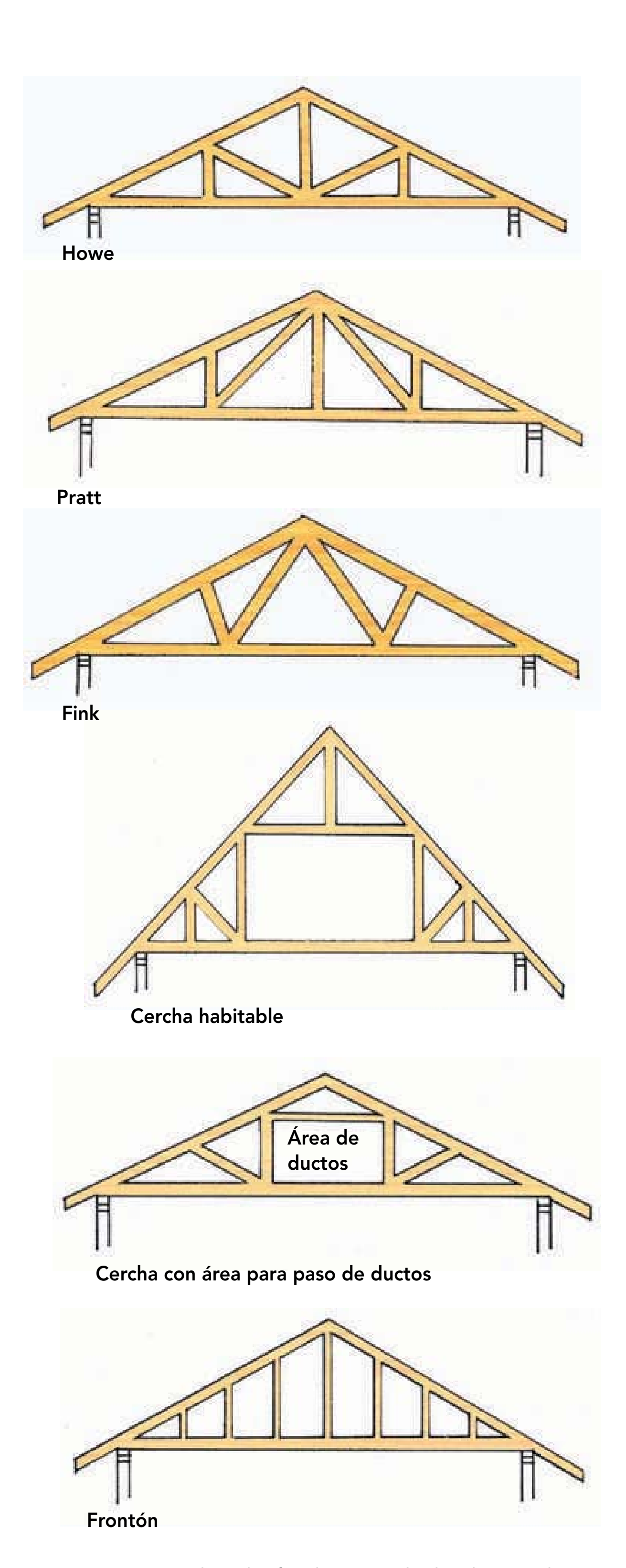


Figura 11-18: Cerchas clasificadas según la distribución de sus piezas.

c) **Por sus secciones:** se hace referencia a la posibilidad de duplicar o triplicar los pares, pendolones, diagonales o montantes.

- **Simple:** pares, diagonales y cuerda van en un mismo plano. Esto las hace fácil de armar y la solución en la unión de los nudos se debe efectuar por medio de tableros estructurales contrachapados, acero, placas perforadas o dentadas.

- **Compuesta:** tiene la particularidad de tener piezas adecuadamente interconectadas para funcionar como una unidad. El hecho de tener elementos dobles o triples da mayor rigidez y facilita la solución de nudos al coincidir los ejes neutros de los distintos elementos. Su unión se realiza por medio de clavos, pernos, pasadores o conectores, así como elementos mecánicos de unión.



Figura 11-19: Vista en elevación de cerchas simples.

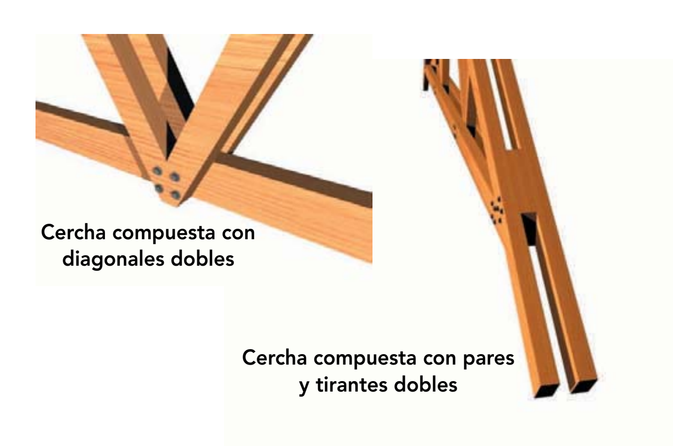


Figura 11-20: Las cerchas compuestas pueden tener los pares y tirantes dobles o pueden ser dobles, montante y diagonales.

d) **Por materiales:** se pueden fabricar de madera aserrada, madera laminada y barras metálicas.

- **Madera:** Tiene una excelente resistencia mecánica en relación a su peso específico, es un material adecuado para constituir estructuras soportantes. En la fabricación de cerchas el uso de la madera es óptimo, ya que la limitante de su largo se supera combinando elementos de corta longitud.

e) **Por tipo de unión:** Las uniones de elementos que conforman una cercha se pueden realizar a base de clavos, pernos, uniones dentadas, placas fenólicas y adhesivos, entre otros.

- **Madera-madera (clavos):** Las cerchas con uniones clavadas son de simple fabricación y aplicables a luces relativamente pequeñas (hasta 15 metros). El mayor problema que presentan en la solución de los nudos, es la gran cantidad de clavos que se requiere (**se recomienda usar clavos estriados o en espiral**), implicando una gran superficie de madera.

  La norma NCh1198 Of 91 exige la presencia de al menos 4 clavos en cada uno de los planos de cizalle que se presentan en una unión calada de dos o más piezas de madera.

- **Pernos:** se utilizan principalmente en cerchas que van a quedar a la vista.

Los planos de cizalle son atravesados perpendicularmente en la unión y quedan solicitados preponderantemente en flexión, induciendo sobre la madera tensiones de aplastamiento. Se deben considerar el diámetro del perno, sus distanciamientos mínimos a los bordes y distanciamiento entre pernos, dependiendo del tipo de unión; sea traccionada, comprimida o de momento.

Los pernos utilizados en uniones estructurales deben llevar golillas, de preferencia arandelas cuadradas, ya que tienen mayor resistencia al incrustamiento en la madera.

Las uniones apernadas son más flexibles que las clavadas, aspecto relevante de considerar al momento de diseñar para evitar corrimientos exagerados en los nudos.

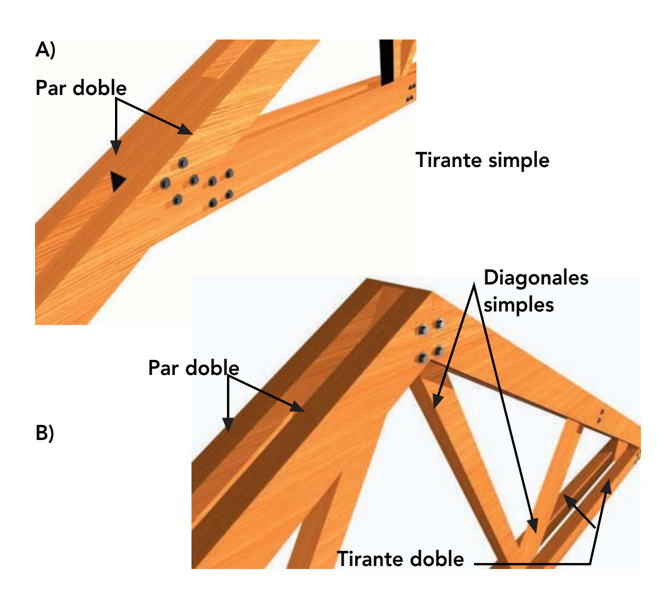
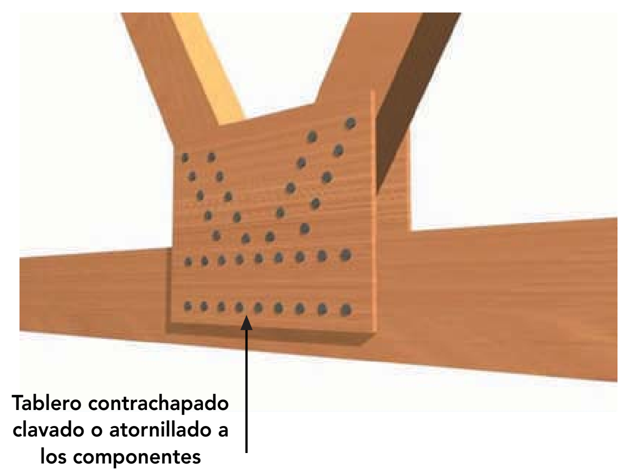


Figura 11-21: Unión de los elementos de una cercha mediante pernos. Figura A, encuentro entre tirante simple y pares doble. Figura B, encuentro entre diagonales simples y pares dobles.

- **Placas de contrachapado fenólico estructural:** Se consideran para uniones las placas de tableros contrachapados fenólicos, de un mínimo de 5 chapas y un espesor que debe fluctuar entre 3D y 4D (D = diámetro del clavo), los tableros de hebras orientadas (OSB), resistentes a la acción de la humedad, cuyo espesor esté entre los 3D a 4,5D y las planchas de acero de al menos 2mm de espesor.

  Los espaciamientos mínimos en las uniones de tableros derivados de la madera clavados a estructuras de madera son los siguientes:

- Entre clavos : 5D
- Al borde cargado : 4D en contrachapado
  : 7D en tableros de hojuelas orientadas
- Al borde descargado : 2,5D



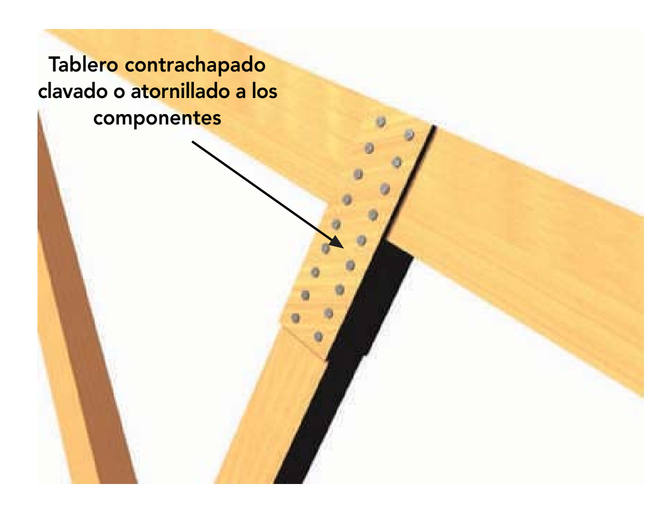


Figura 11-22: Figuras A) y B) muestran encuentro entre elementos de una cercha unidos con tablero contrachapado.

- **Placas metálicas:** se fabrican a base de planchas de acero de al menos 2 mm de espesor y deben cumplir con las siguientes recomendaciones:

  - Tensión de ruptura en tracción 310 Mpa
  - Tensión de fluencia 230 Mpa

Su fijación a la madera puede ser mediante dientes que traen incorporadas o con fijaciones mecánicas como clavos o tornillos. En cualquiera de los dos casos se deben seguir las recomendaciones e instrucciones del fabricante.

Para su uso en madera, estas placas deben cumplir con las siguientes condiciones:

- Madera seca (humedad menor al 20%).
- Mismo grosor de las piezas a unir (tolerancia de ±1mm).
- Espesor de las piezas a unir igual o mayor que el doble de la penetración del diente para el caso de placas dentadas.
- El diente debe ser hincado con su eje perpendicular a la superficie de la madera.
- Deben existir dos placas actuando como cubrejuntas sobre las dos caras de los extremos de las piezas de madera que convergen a una unión o empalme, las que para el caso de las placas dentadas se deben incrustar simultáneamente.

Es importante destacar que para evitar que las placas metálicas se deformen durante su instalación, se debe usar una prensa que haga penetrar completa y simultáneamente los dientes en la madera. No se acepta el uso de martillos o similares.

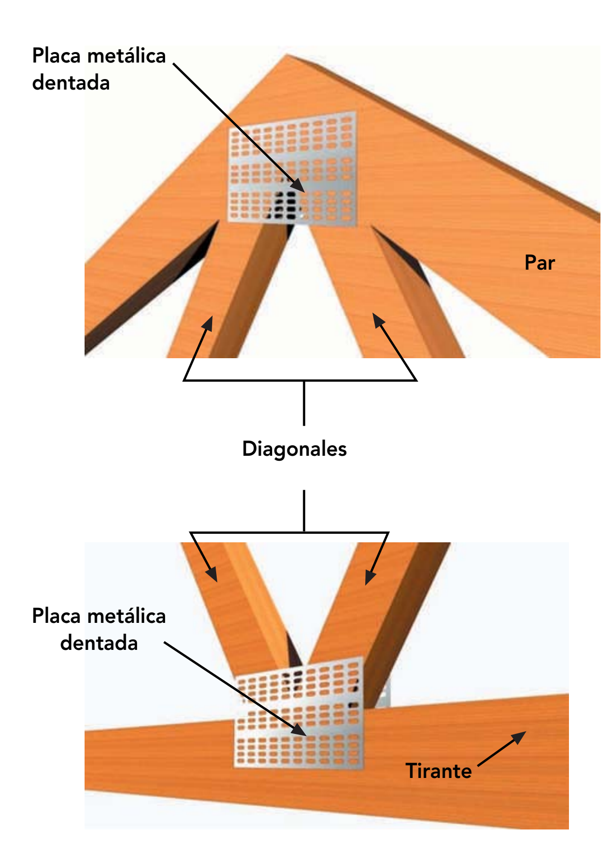


Figura 11-23: *Unión de los elementos de una cercha mediante placas metálicas dentadas.*

11.4.3. Criterios de diseño de una cercha

Su diseño permite resistir solamente solicitaciones axiales puras, tracción y compresión, debiendo estar las cargas aplicadas tanto en los nudos supuestos como articulados.

En las cerchas triangulares, para entender el comportamiento y descomposición de las fuerzas que la solicitan, las piezas diagonales que suben hacia la parte de los apoyos trabajan por compresión, en tanto que las barras verticales son traccionadas (Figura 11-24 A). Si las diagonales bajan hacia la parte de los apoyos, es decir, desde el centro hacia los lados, funcionan a tracción a modo de tirantes y los montantes verticales son piezas comprimidas (Figura 11-24 B). El cordón superior trabaja a comprensión y el inferior a tracción. Las máximas solicitaciones no se producen en la parte central de la armadura sino sobre los apoyos, dependiendo su magnitud de la pendiente de la cubierta.

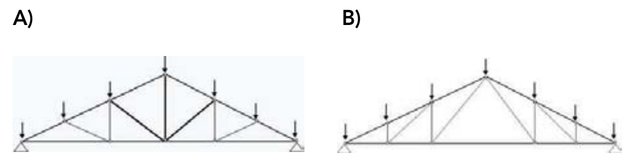


Figura 11- 24: *Esquema de cerchas que muestran en función del sentido de las diagonales, si estarán solicitadas a compresión (A) o fracción (B).*

El diseño de una cercha consta de tres etapas:

- Definición de su forma
- Determinación de la sección de los distintos elementos
- Elección del sistema de unión de cada nudo

11.4.3.1. Consideraciones en la definición de la forma de una cercha

Generalmente la forma de la techumbre y por ende de la cercha a utilizar, queda determinada en el diseño arquitectónico, como se dijo anteriormente. El calculista será quien determine el tipo de cercha a utilizar, considerando arquitectura, luz a salvar, cargas y economía.

11.4.3.2. Consideraciones de diseño estructural de una cercha

Se debe analizar modelos o analogías de la estructura definitiva, los cuales requieren de ciertas hipótesis generales de cálculo, las que son:

i) La cercha es una estructura bidimensional contenida en un plano.

ii) Las piezas que conforman la estructura de la cercha son inicialmente rectas, prismáticas, de material elástico y con propiedades uniformes.

iii) Las cargas son aplicadas en el plano de la cercha, considerando cargas de peso propio, eventuales (nieve), las que la solicitan verticalmente y cargas de viento que actúan en dirección normal al cordón superior de la cercha.

iv) El sistema de fuerza conformado por cargas y reacciones está en equilibrio.

v) El desplazamiento de los nudos y las barras es relativamente pequeño.

vi) Los ejes de las barras se intersectan en un punto en los nudos.

vii) Las solicitaciones de las barras tienen una dirección que coincide con su eje.

El cálculo de las solicitaciones axiales de las barras se puede determinar a través de diferentes métodos de análisis estructural, como son el método gráfico y el método analítico. En general, ambos requieren que se establezcan y acepten las siguientes hipótesis:

i) Las piezas de la cercha deben considerarse como rótulas en sus puntos de encuentro.

ii) Las cargas se aplican sólo en los nudos, con lo cual se obtienen sólo solicitaciones axiales en las piezas.

iii) Las cargas y reacciones se aplican puntualmente sobre la estructura (en un punto).

En el Anexo V Cálculo de Estructuras Mediante Tablas, se entregan indicaciones relativas al diseño de tipologías estándares de cerchas triangulares clavadas, que permiten cubrir luces variables entre 4.80 m y 12 m, con pendientes de techo 25%, 40%, 60% y sistemas de techos que condicionan pesos no superiores a 0,60 KN/m2.

11.4.3.3. Consideraciones en la elección del tipo de unión

Independiente de la solución de unión que se adopte, ésta deberá asegurar el cumplimiento de las hipótesis de cálculo.

Se debe establecer el espaciamiento entre elementos de unión y la distancia de ellos al borde y los extremos de la pieza que se une. Por otra parte, los medios de unión deben evitar distribuirse de manera excéntrica. Si ello ocurre, se debe considerar el efecto de los momentos de flexión que se induce (NCh1198 Of 91).

11.4.4. Fabricación de una cercha Fink

A continuación se desarrollará el replanteo y fabricación de una cercha tipo Fink, de extendido uso y cuyo diseño constructivo permite alcanzar en forma segura luces de 12 m a 18 m.

La escuadría de las piezas debe ser dada por el calculo de la estructura, considerando todas las solicitaciones mencionadas.

Se debe contar con una superficie horizontal (pavimento de radier o madera) y seca sobre la cual se puedan replantear a escala natural los ejes de la cercha.

En los planos de cercha se muestra tanto la luz a salvar, como la altura a la que debe llegar, además de la escuadría requerida para cada elemento. No olvidar considerar que la cercha se apoya sobre la solera de amarre, por lo que a la luz a salvar se debe sumar dos veces el ancho de la solera para su apoyo y fijación, a menos que el proyecto indique otra solución.

Sobre el terreno se trazan los ejes del tirante y los dos pares. Se divide en tres partes iguales la longitud del tirante, partiendo desde la intersección de éste con un par y se marcan esos puntos.

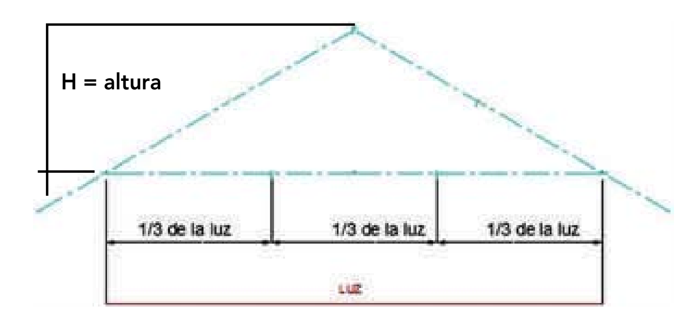


Figura 11-25: Determinación de los puntos de encuentro de los elementos sobre el tirante.

Paralelo al tirante se debe trazar una línea de igual largo y dividirla en cuatro partes iguales, marcando la proyección de esos puntos sobre los pares.

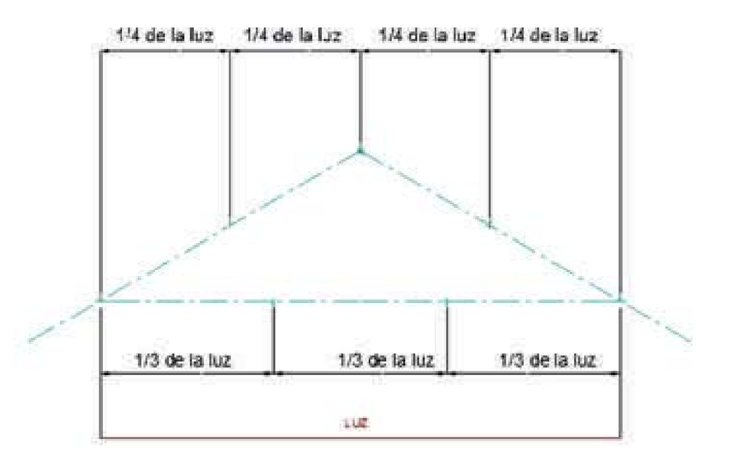


Figura 11-26: Determinación de los puntos de encuentro de los elementos sobre los pares.

Para trazar los ejes de las diagonales se deben unir los puntos trazados sobre el tirante y los pares entre ellos.

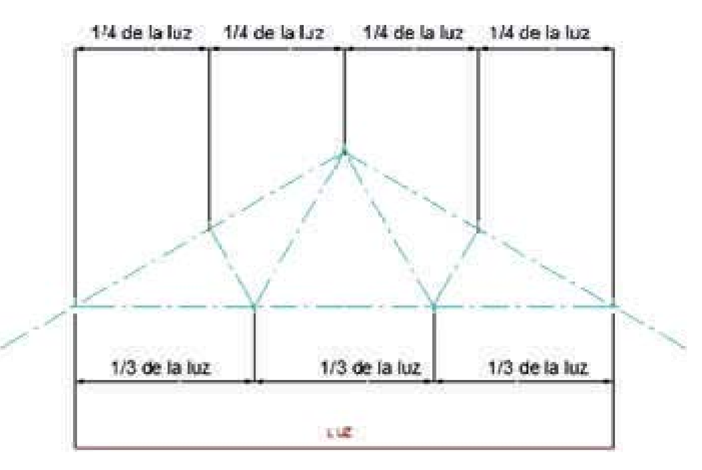


Figura 11-27: Se unen los puntos determinados en los pares con los del tirante como muestra la figura. Estas líneas serán los ejes para la ubicación de las diagonales.

Se presentan las piezas sobre los ejes trazados y se realizan los cortes para su posterior armado.

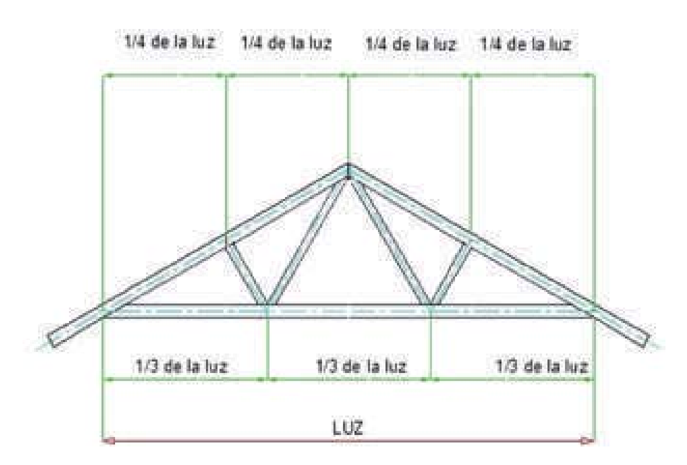


Figura 11-28: Cercha tipo Fink, con los elementos cortados y presentados para su fijación.

11.4.5. Montaje y armado de techumbre con cerchas

El armado y arriostramiento de una techumbre en base a cerchas es bastante crítico. El no considerar las recomendaciones básicas de montaje puede conducir al colapso de la estructura con consecuencias a veces trágicas, además de la pérdida de material.

Las recomendaciones aquí expuestas son de sentido común. El constructor debe tomar todas las precauciones durante la manipulación y montaje de las piezas considerando las indicaciones del calculista para asegurar que las cerchas no se dañen, ya que de no ser así, podría reducir su desempeño estructural.

Es así como las cerchas pequeñas que pueden manipularse a mano, deben acopiarse con gran cuidado para no deformarlas, ser tomadas para ubicarlas sobre las soleras de amarre en los puntos que determine el calculista y colocarse, una a una, en su posición definitiva.

Las de mayor envergadura se montarán con grúas, las cuales deberán tomar las cerchas de puntos específicos determinados por el calculista, para luego aplomarlas y fijarlas en su ubicación definitiva.

A medida que se van instalando, se deben arriostrar para asegurarlas y mantener su plomo.

11.4.5.1. Frontones en una techumbre

Todas las cerchas de una techumbre se amarran a la primera cercha que se coloca, correspondiente al frontón. Por lo tanto, el éxito en una techumbre de este tipo, depende en gran medida de cómo se fijó y arriostró la primera cercha instalada.

Los frontones o cerchas de término se balancean en el extremo de la vivienda para luego ser fijados y arriostrados a plomo.

La manera ideal de arriostrar el frontón es alzaprimarlo al terreno, por medio de riostras y tacos firmemente anclados al suelo. Las riostras al piso deben apoyarse en los pares del frontón y en línea con la llegada de las diagonales a los pares. La primera cercha se fija entonces a la solera de amarre y temporalmente a las riostras laterales.

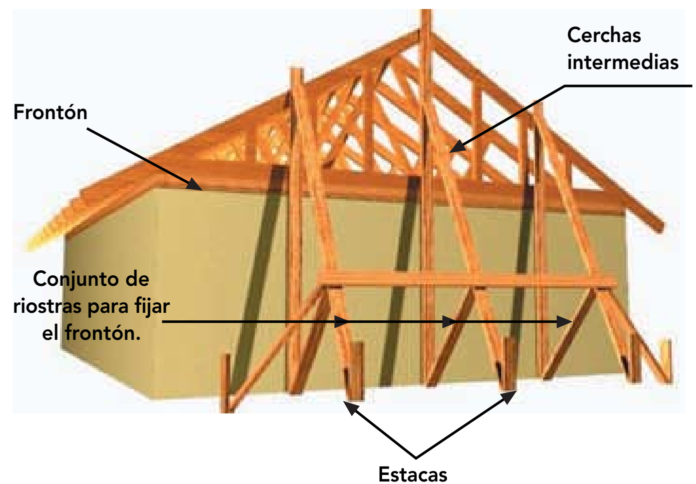


Figura 11-29: El arriostramiento del frontón permite en forma preliminar la fijación y aplomado progresivo de las cerchas que estructuran la techumbre.

Nunca debe fijarse la primera cercha solamente con tacos y clavos, ya que por un fuerte movimiento, golpe o viento, no serán capaces de mantenerla erguida, quebrándose, soltando los tacos, clavos y provocando el colapso de la techumbre.

11.4.5.2. Arriostramiento provisorio de las cerchas

A medida que las cerchas se van colocando en su lugar definitivo, se clavan a la solera de amarre o se fijan por medio de conectores metálicos, siempre verificando su plomo.

Las riostras provisorias deben aplicarse a tres planos del conjunto de cerchas: el plano de los pares, piezas que reciben el tablero de la techumbre; el plano de los tirantes, que recibe la subestructura al cual se fija el cielo; y el plano vertical, compuesto por las diagonales en ángulo recto al plano de las cerchas.

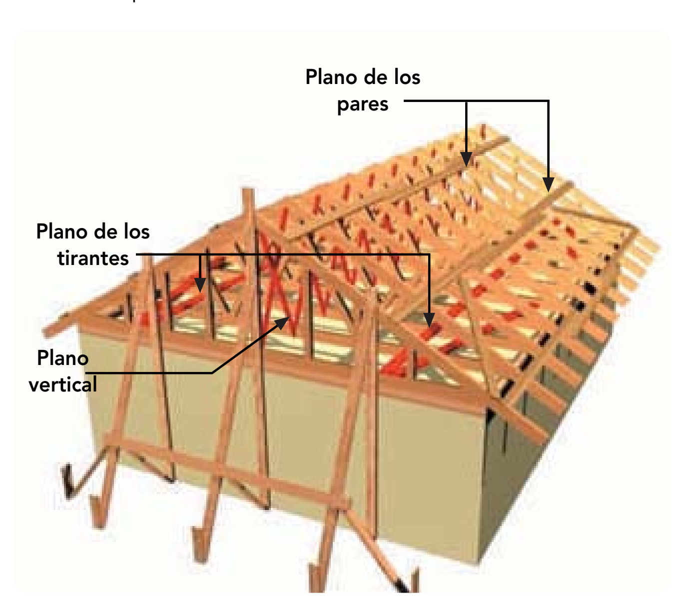


Figura 11-30: Planos en los que se deben realizar los arriostramientos de las cerchas.

La escuadría de estas riostras no debe ser inferior a una pieza de 2”x 4” y tan largas como sea práctico, pero con un mínimo de 2,4 metros.

Se deben fijar con 3 clavos de 4” en cada intersección. Debe mantenerse el espaciamiento exacto entre cerchas, mientras se instalen las riostras. Ajustar este espaciamiento después puede llevar al colapso del conjunto, si alguna riostra se desmonta a destiempo.

11.4.5.2.1. Riostras en plano de los pares

Las riostras laterales continuas deben instalarse a 15 cm de la cumbrera y aproximadamente a intervalos de 1,8 a 3,0 m entre la cumbrera y la solera de amarre. Riostras diagonales se instalan en un ángulo aproximado de 45° entre las filas de riostras laterales. Esto forma triángulos que estabilizan el plano de los pares.

Si es posible, este arriostramiento debe colocarse en la cara inferior de los pares, de manera de no tener que retirarlos al comenzar la colocación de los tableros de la techumbre.

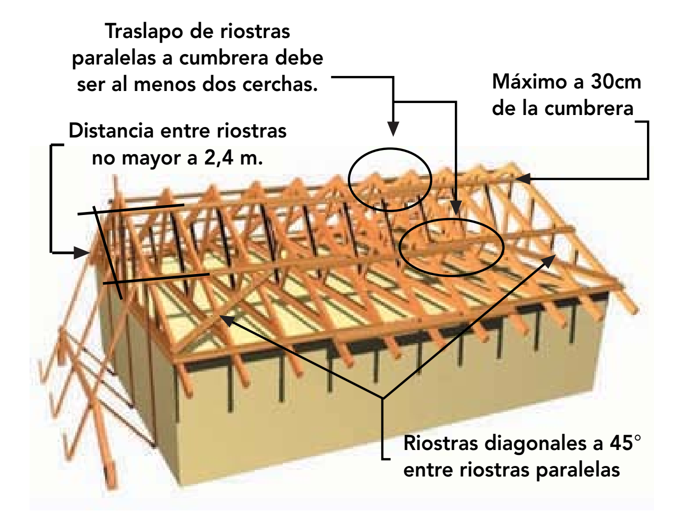


Figura 11-31: Condiciones para las riostras sobre pares.

11.4.5.2.2. Riostras en plano de los tirantes

Para mantener el espaciamiento entre tirantes, se deben aplicar riostras laterales continuas de todo el largo de la techumbre. Estas riostras deben clavarse a la cara superior de los tirantes, en intervalos no mayores de 2,4 a 3,0 metros a todo el ancho de la techumbre.

Deben instalarse riostras diagonales a tabiques perimetrales soportantes en cada extremo de la techumbre.

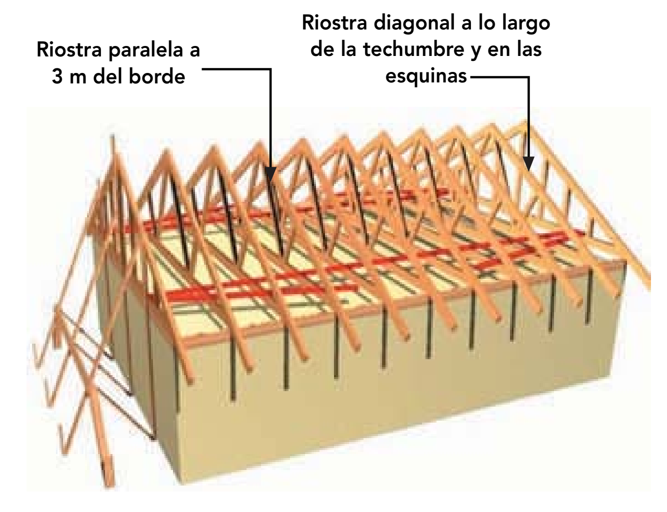


Figura 11-32: En rojo se muestran las riostras necesarias en el plano que generan los tirantes, las que se pueden dejar como definitivas.

En muchos casos las riostras provisorias colocadas en los tirantes se pueden incorporar como definitivas, siempre que cumplan con la sección, largo y fijaciones que el calculista ha definido en los planos de cálculo de la techumbre.

11.4.5.2.3. Riostras en el plano perpendicular las diagonales

Las riostras provisorias de ese plano son elementos perpendiculares al plano de las diagonales, partiendo desde un par en una cercha y llegando al tirante de la cercha subsiguiente.

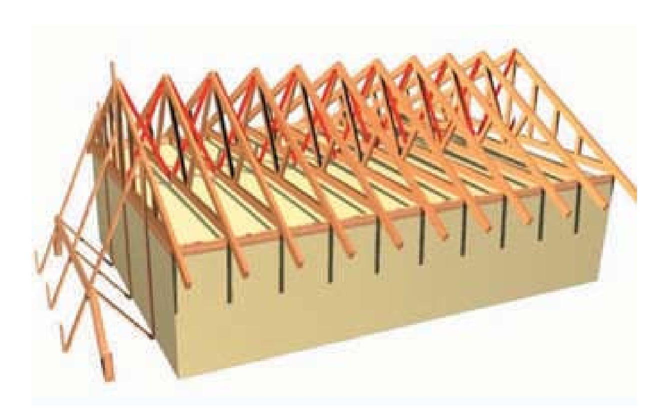


Figura 11-33: *En rojo se destacan las riostras que van perpendiculares al plano de las diagonales. En caso de considerar que queden permanentes, su solución debe ser dada por el calculista.*

11.4.5.3 Riostras permanentes de cerchas

Deben ser diseñadas por el calculista para asegurar la estructuración de la techumbre e instaladas en el momento especificado por aquel. Entre este tipo de elementos podemos considerar los tableros estructurales, cadenetas entre cerchas siguiendo la línea de la cumbrera y de la solera de amarre, costaneras o riostras temporales que quedarán permanentes.

11.4.6 Encuentro de techumbres (solución en cerchas)

La solución de intersección de techumbre requiere el uso de una serie de cerchas especiales que llamaremos cerchas de limahoya, caracterizadas por ser cada una proporcionalmente más pequeña que la anterior.

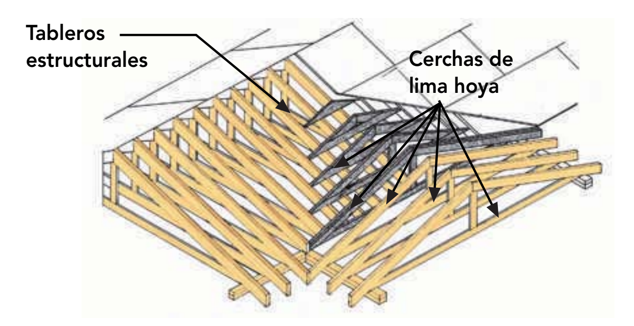
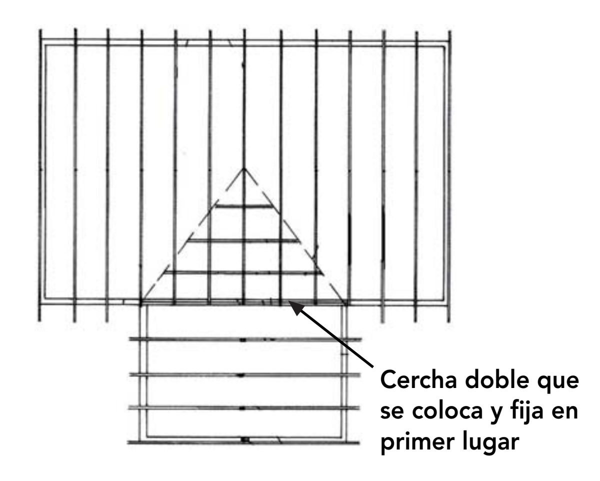


Figura 11-34: *Disposición de las cerchas para formar el encuentro de techumbres.*

Para el armado de este encuentro se debe colocar y fijar en primer lugar una cercha doble, de tamaño y forma igual a las cerchas tipo de la techumbre de menor ancho, que va en la abertura donde los dos techos se intersectan. A continuación, utilizando fijaciones metálicas, se asegura el cordón inferior de las cerchas de lima hoya a los pares de las cerchas que van en la techumbre adyacente.



Figuras 11-35: *Planta de techumbre en la cual se aprecia la disposición de las cerchas de limahoya y el refuerzo de doble cercha que debe ser colocado.*

Entre cerchas de limahoya se colocan cadenetas aseguradas con fijaciones metálicas, las que sirven de arriostramiento a las cerchas, y otorgan una superficie de clavado a los tableros estructurales que irán sobre ellas.

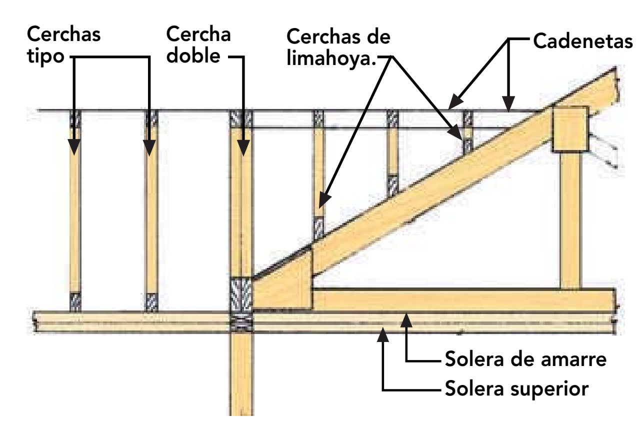


Figura 11-36: *Elevación que muestra cadenetas entre cerchas.*

11.5. DIAFRAGMAS INCLINADOS

La solución del diafragma inclinado, de masivo uso en las edificaciones de nuestro país, se corta y arma en su lugar definitivo, siendo su materialización improvisada y artesanal. Esto puede significar inexactitud en cubicaciones, cortes y ensambles, pérdida de material y demora en su ejecución, lo que genera una solución más complicada que la cercha si no se planifica y programa su materialización.

Por diafragma inclinado se entenderá un conjunto de piezas de madera que conforman una estructura, diseñada para soportar la cubierta en la techumbre. Esta estructura se apoya en sus extremos sobre tabiques soportantes, transmitiendo a estos los esfuerzos que recibe la techumbre.

Su diseño permite soportar esfuerzos de tracción, compresión y flexión y la carga no requiere estar aplicada en los nudos.

A continuación, se guiará en el proceso de obtener la información necesaria para la cubicación y replanteo de la enmaderación de techumbre, pudiendo planificar y prever las dimensiones y cortes (ángulos que se requieren) de los elementos que conforman un diafragma inclinado, optimizando el uso de los recursos.

11.5.1. Elementos que conforman un diafragma inclinado

Viga limatón o limatesa estructural: va desde la solera de amarre hasta la cumbrera mayor.

Viga limahoya estructural: va desde la solera de amarre hasta la cumbrera horizontal mayor.

Viga limahoya secundaria: va desde la solera superior hasta la limahoya estructural.

Par o pierna: elemento estructural que va desde la solera de amarre hasta una viga limatón, viga limahoya o cumbrera, y forma el plano de las aguas de la techumbre.

Par común: elemento que va desde la solera de amarre hasta la cumbrera, formando un ángulo recto con ella.

Par recortado: elemento que va desde la solera de amarre hasta la viga limatón, formando un ángulo recto con ella.

Par de limahoya: va desde la cumbrera hasta la viga limahoya estructural.

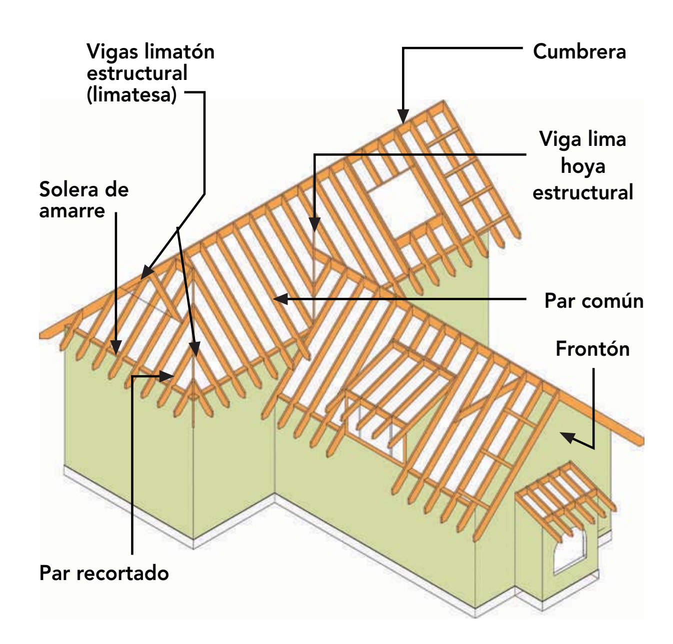


Figura 11-37: Vista en perspectiva que muestra la ubicación de los elementos definidos.

11.5.2. Criterios de diseño de un diafragma inclinado

Para el diseño de diafragmas inclinados se deben considerar las cargas involucradas y las uniones y fijaciones correspondientes.

11.5.2.1. Consideraciones de diseño estructural de un diafragma inclinado

Las cargas que resiste esta estructura pueden ser verticales (peso propio y sobrecarga) u horizontales (viento y sismo), las que son transmitidas a los tabiques soportantes. Las consideraciones para el diseño de los elementos del diafragma están en función del sentido de la solicitación.

Cuando esta estructura es solicitada en su plano, su comportamiento se puede asemejar al de una viga compuesta dispuesta en los planos de techo. Las costaneras o tableros estructurales serán consideradas como el alma, las vigas intermedias (pares del diafragma inclinado), como atiesadores del alma y los elementos de borde que estén perpendiculares a la solicitación llamados cuerdas, actuarán como alas de la viga compuesta. Los elementos paralelos a las solicitaciones reciben el nombre de montantes.

En función de lo anterior, las solicitaciones en el plano del diafragma dimensionarán los elementos perimetrales. La compresión o tracción en las cuerdas se calcula dividiendo el momento de flexión por la distancia existente entre ambas cuerdas. Los montantes están constituidos por las vigas de borde ubicadas sobre un muro soportante, siendo su esfuerzo axial igual a la reacción.

Las solicitaciones normales al plano del diafragma determinan, en primera instancia, el espesor de las costaneras o del tablero estructural y las dimensiones de la sección transversal de los elementos interiores de dicho diafragma.

Las solicitaciones de corte deberán ser absorbidas por las costaneras o tableros estructurales.

11.5.2.2. Consideraciones sobre el tipo de uniones

Los diafragmas deben ser amarrados o anclados a los elementos de apoyo, de tal forma que puedan mantenerse unidos permitiendo a la estructura funcionar como una sola unidad ante solicitaciones.

Los puntos críticos para obtener una estructura correctamente anclada son las uniones del diafragma inclinado con los muros soportantes, siendo el aspecto más relevante el dimensionar las uniones determinando la magnitud de la fuerza a considerar en el diseño, utilizando por ejemplo el método de "cargas verticales", el cual diseña las uniones para cargas verticales considerando la sucesiva transferencia de las cargas desde sus orígenes en la techumbre, a través de la estructura y hasta las fundaciones.

11.5.3. Determinación de elementos y cortes para el montaje del diafragma inclinado

11.5.3.1. Aspectos geométricos

Para un adecuado desarrollo de la enmaderación de techumbre, ésta debe ser analizada y diseñada desde un punto de vista geométrico.

11.5.3.1.1. Unidad de proyección

La proyección total del limatón es la diagonal de un cuadrado formado por la proyección total de los pares comunes adyacentes y los muros o paramentos exteriores.

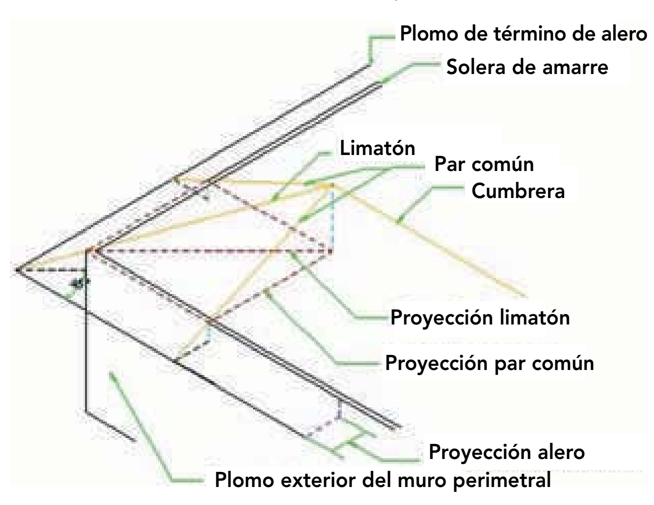


Figura 11-38: Figura que muestra las proyecciones de los ele-mentos involucrados en la enmaderación de la techumbre.

Al llevar a escala este gran cuadrado, podremos definir unidades de medida para facilitar los cálculos.

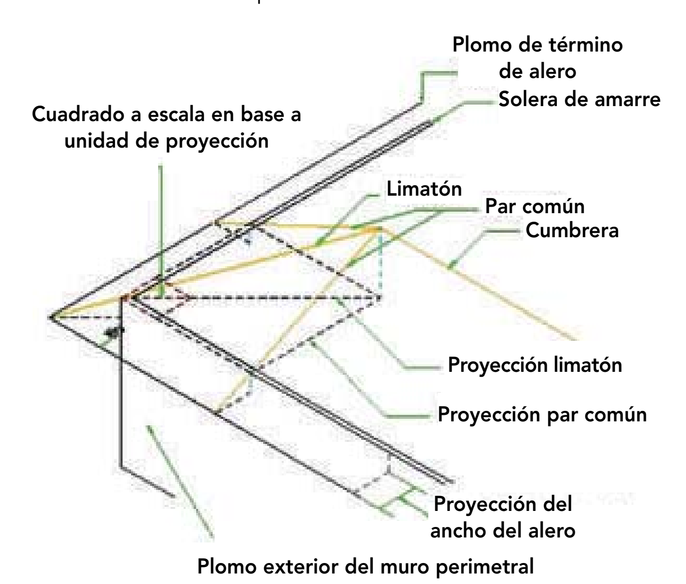


Figura 11-39: En rojo se destaca el cuadrado, proporcional a las proyecciones del limatón y par común anteriormente descrito, que será la unidad de proyección a utilizar. Nótese que se empieza a medir desde el borde exterior del tabique.

Por unidad de proyección para el limatón se entiende 15 cm ($\approx 10*\sqrt{2}$), hipotenusa del cuadrado que se forma con un triángulo rectángulo isósceles de lado 10 cm, unidad de proyección de un par común. Se da un valor de 10 cm en función del sistema decimal que utilizamos, como una forma de simplificar los cálculos y $10*\sqrt{2} = 14{,}14$ que se aproxima a 15 cm por la misma razón. Además, considerando que los cortes se realizan a la pieza y se pierde madera, el exceso en la dimensión queda reducido prácticamente a cero.

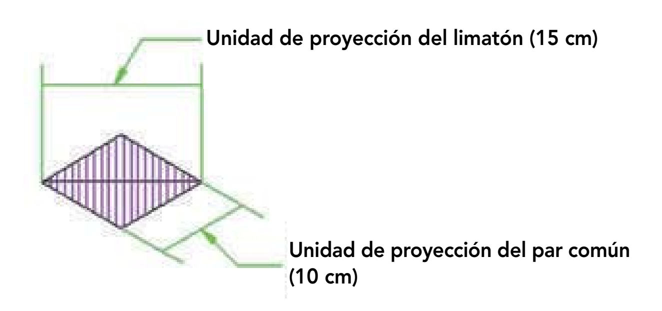


Figura 11-40: Detalle de la unidad de proyección (cuadrado), del cual se deducen la unidad de proyección del limatón y par común respectivamente.

11.5.3.1.2. Situación geométrica
La proyección horizontal del limatón forma un ángulo de 45° con respecto a los tabiques perimetrales soportantes y a ella llegan varias unidades de pares recortados de distintas longitudes. La distancia horizontal que cubre el limatón (proyección) es mayor que la del par común. Tanto el par común como el limatón, deben llegar a la misma altura (donde está la cumbrera) y con la misma cantidad de unidades de proyección.

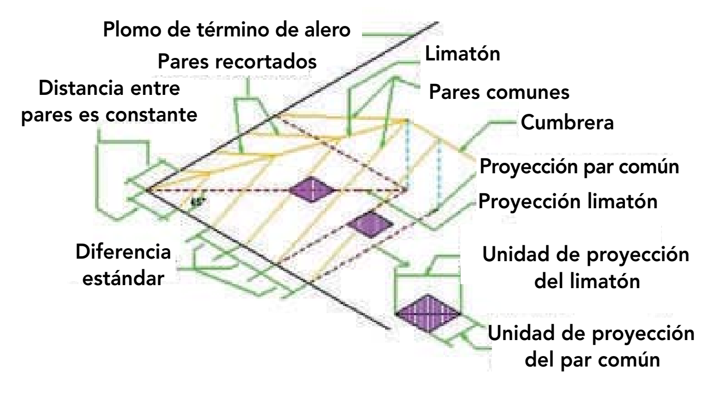


Figura 11-41: Figura que muestra ubicación y relación entre los elementos que se quiere determinar su largo y cortes.

11.5.3.2. Determinación de longitudes de los elementos que conformarán el diafragma inclinado

11.5.3.2.1. Longitud del par y el limatón
Con los planos de planta y techumbre de arquitectura, se obtendrá el ancho de la vivienda (distancia A de la figura), la distancia a la que está la cumbrera de una esquina (distancia A/2 de la figura, que corresponde a la mitad del ancho menos el ancho del alero), la pendiente que debe tener la techumbre y la altura a la que llega el par común, el limatón y a la cual se encuentra la cumbrera horizontal.

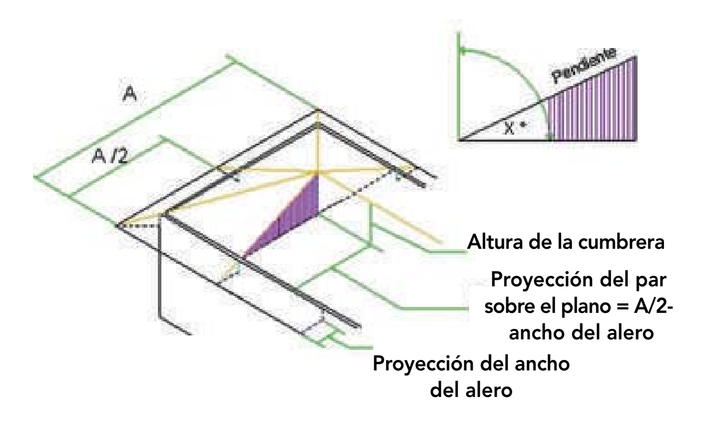


Figura 11-42: Determinar distancias requeridas para formar triángulos.

Con esa información se determina el número de veces que la unidad de proyección del par es contenida en la proyección total del par común.

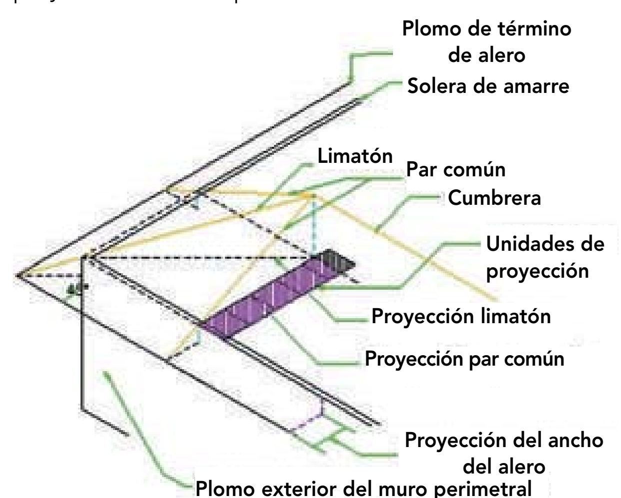


Figura 11-43: Se determina el número de veces que es contenida la unidad de proyección en el par común.

El número calculado es el mismo número de veces que es contenida la unidad de proyección del limatón en la proyección total de éste, con lo que se puede determinar el largo de la proyección del limatón, pudiéndose determinar la longitud exacta del limatón.

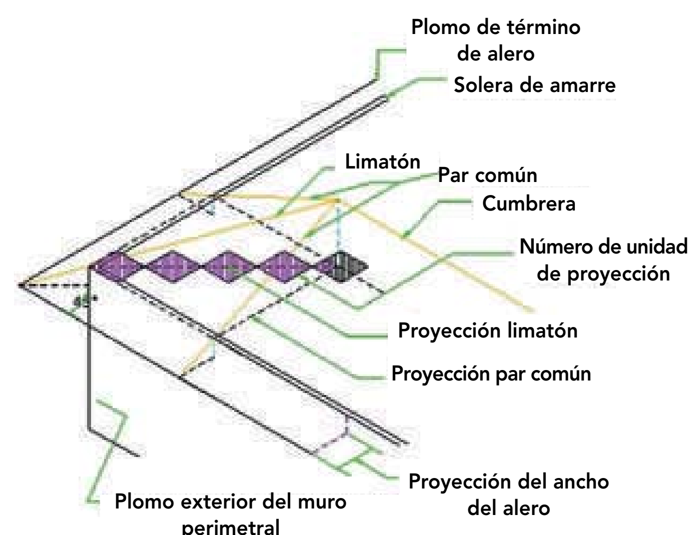


Figura 11-44: Se determina el número de veces que es contenida la unidad de proyección en el limatón.

Se generan dos triángulos (triangulo amarillo y triangulo lila), cuyos catetos serán la proyección del par o del limatón, según corresponda, y la altura de la cumbrera medida desde la cara superior de la solera de amarre, que se encuentra en el mismo plano de las proyecciones del limatón y del par común (todos datos conocidos).

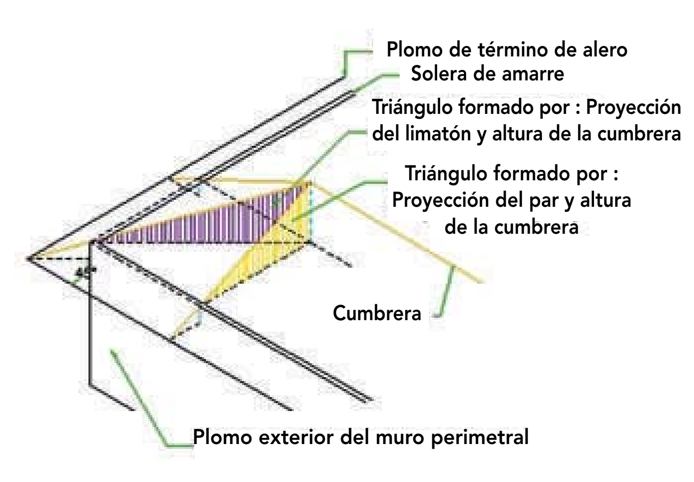


Figura 11-45: Triángulos imaginarios para determinar los largos del limatón y par común.

Al calcular la hipotenusa de estos dos triángulos, se obtiene la longitud del par común (triángulo amarillo) y del limatón (triángulo lila), respectivamente.

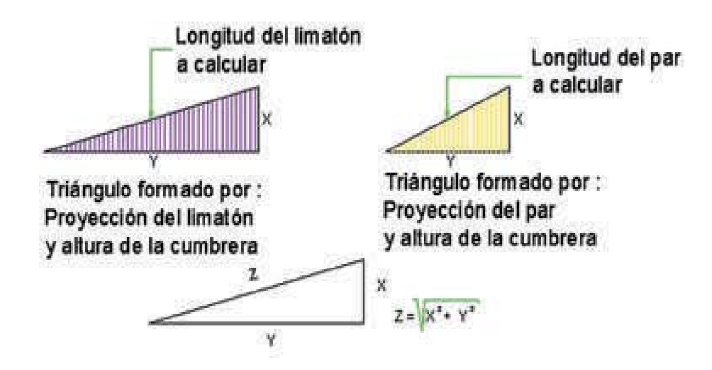


***Figura 11-46:** Determinación de los largos requeridos mediante aplicación del teorema de Pitágoras.*

11.5.3.2.2. Longitud del extremo en voladizo del par común (can)

De los planos de planta y techumbre, se obtendrá la pendiente de esta última y su proyección fuera de los tabiques perimetrales soportantes.

Con esa información se puede determinar la longitud del can (prolongación del par que está en voladizo), determinando la hipotenusa del triángulo que se forma y cuyos catetos son la proyección del alero y la altura que determine la pendiente.

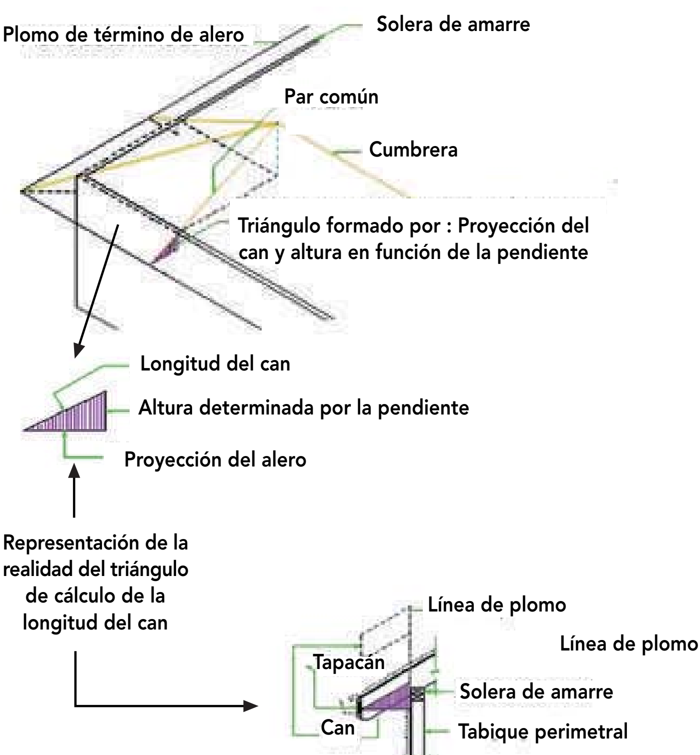


***Figura 11-47:** Para determinar el largo del can se puede generar un triángulo imaginario a partir de los datos en los planos.*

El siguiente paso es determinar la longitud del extremo en voladizo del limatón, para lo cual se requiere determinar cuántas veces está contenida la unidad de proyección del par en la proyección del alero, conformado por el par común, dato que se puede deducir según la figura.

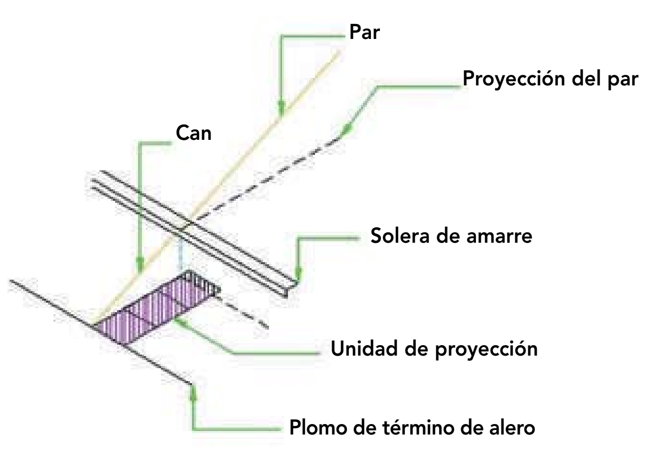


***Figura 11-48:** Al igual como se determinó el largo del par común, se puede determinar el largo del can basados en la unidad de proyección.*

11.5.3.2.3. Longitud del extremo en voladizo del limatón (alero)

Para trazar el extremo en voladizo del limatón que conformará parte del alero, se debe multiplicar la unidad de proyección del limatón por el mismo número de veces que es contenida la unidad de proyección del par en el voladizo.

Se determina el largo de la hipotenusa del triangulo, considerando como catetos la proyección recién calculada y la altura a que llega el limatón en el borde exterior del tabique perimetral soportante (dada por la pendiente).

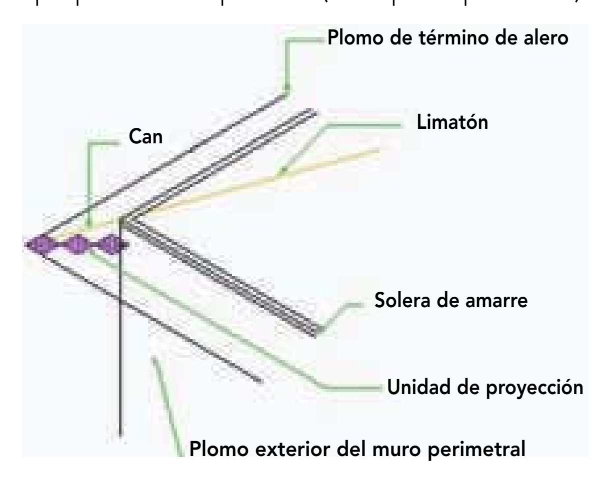


Figura 11-49: Al igual como se determinó el largo del limatón, se puede determinar el largo del can en la esquina.

11.5.3.2.4. Determinación de la longitud de los pares recortados

Los pares recortados se arman en parejas que se apoyan en la cara más ancha del limatón. Cada pareja es más corta que la siguiente en una medida estándar que llamaremos "diferencia estándar".

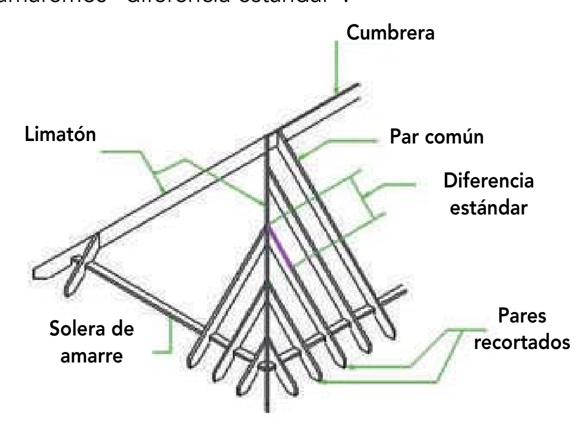


Figura 11-50: *Se destaca una longitud llamada "diferencia estándar" para determinar largo de los pares recortados.*

Se debe comenzar determinando la longitud del par recortado más largo, el que puede coincidir con la de un par común.

Para esto, se considera que la proyección de cualquier juego de par recortados, junto con el borde exterior de la solera de amarre de los muros perimetrales forman un cuadrado.

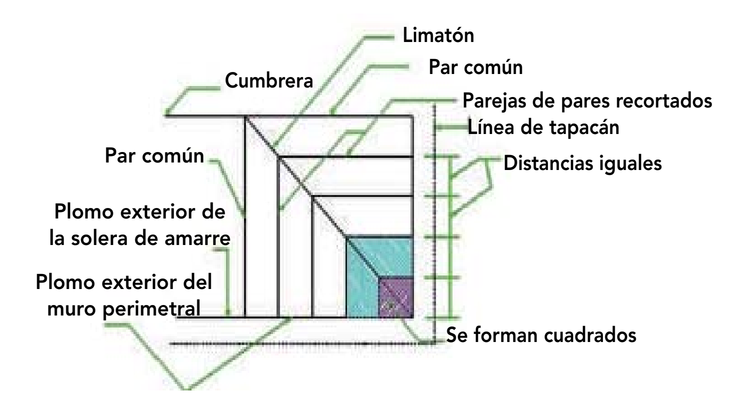


Figura 11-51: *Vista en planta de los cuadrados proporcionales generados por las proyecciones de los pares comunes y pares recortados formados en la esquina, siendo los lados del cuadrado mayor, los dos pares comunes que se aprecian en la vista.*

Basados en el cuadrado, se determina que la proyección de un par recortado es igual a la distancia desde su intersección con la solera de amarre, hasta la esquina donde se intersectan las soleras de amarre perimetral.

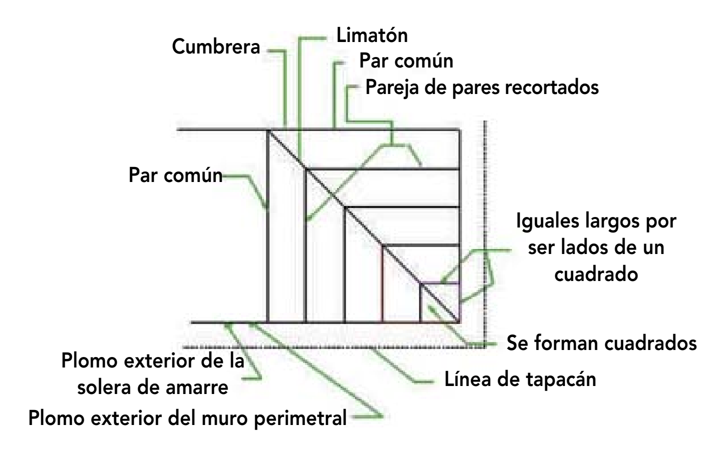


Figura 11-52: *Vista en planta de las proyecciones de los elementos que conforman los cuadrados, destacándose los largos de los cuadrados que se forman.*

Determinando la distancia desde la esquina donde se intersectan las soleras de amarre (líneas de edificación) hasta el eje del par más largo, se puede determinar el largo de la proyección del par.

Conocidas la altura a que llega (dada por la pendiente) y la proyección del par recortado más largo, se forma un triángulo al que se le calcula el largo de la hipotenusa, que corresponde a la longitud del par recortado más largo.

La longitud de las otras parejas se determina acortando cada juego en una distancia igual a la diferencia estándar (Figura 11-50).

Para deducir la diferencia estándar se requiere conocer la distancia a la que se encuentra un par de otro.

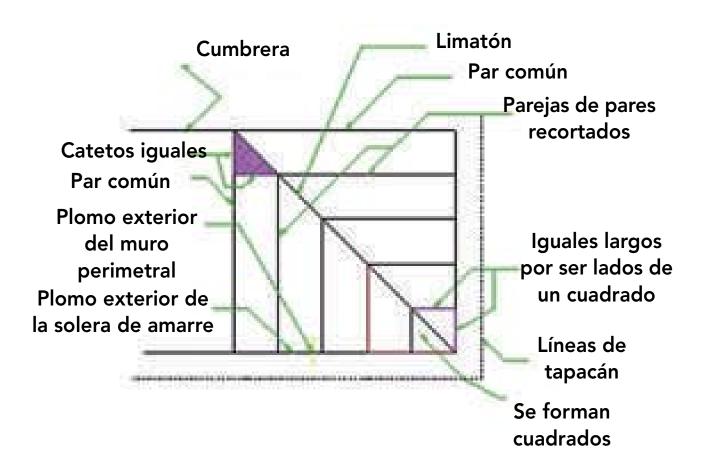




Figura 11-53: *Distancia entre pares recortados, medida por el limatón.*

La distancia entre pares es el lado de un triángulo rectángulo isósceles, por lo que se conoce el largo de los dos catetos. Con este dato y la pendiente se genera un nuevo triangulo, que tendrá como incógnita la hipotenusa, equivalente a la diferencia estándar, pudiendo determinar la longitud del par.

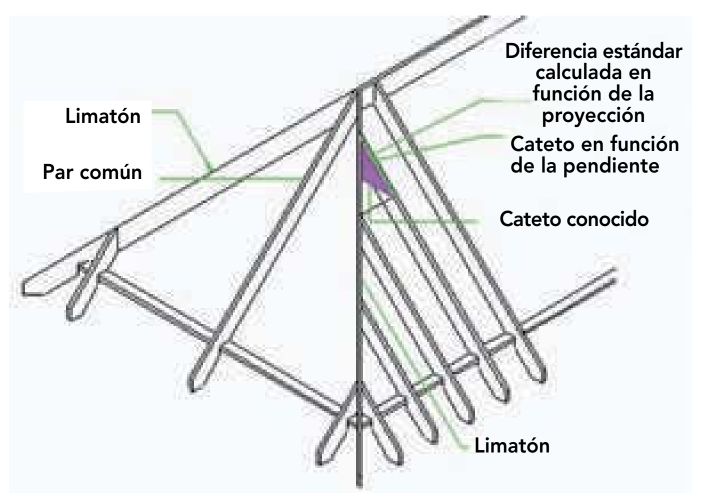


Figura 11-54: *Deducción del cálculo de la diferencia estándar, en base a la distancia entre pares y la pendiente de la techumbre.*

Este cálculo basta hacerlo una vez con el par común o par recortado de mayor largo, ya que el resto de los pares recortados se irán acortando sucesivamente en esa misma medida. Con todos esos datos, se está en condiciones de poder realizar una correcta cubicación y planificación, lo que beneficiará los plazos, costos y calidad de la obra de la partida techumbre.

11.5.3.3. Trazado y corte de los elementos

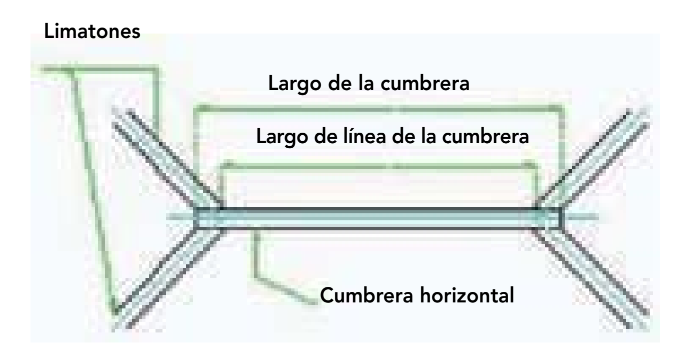
En la materialización de la techumbre se deberá contar, además de la información obtenida en la determinación de la longitud de los elementos, con la información necesaria para realizar los cortes en las piezas antes de ser montados.

Considerar que antes de hacer cualquier corte, se debe medir el largo de la pieza (longitud) desde la primera línea aplomada que se marque, hasta lo que indique el plano respectivo de arquitectura o estructura.

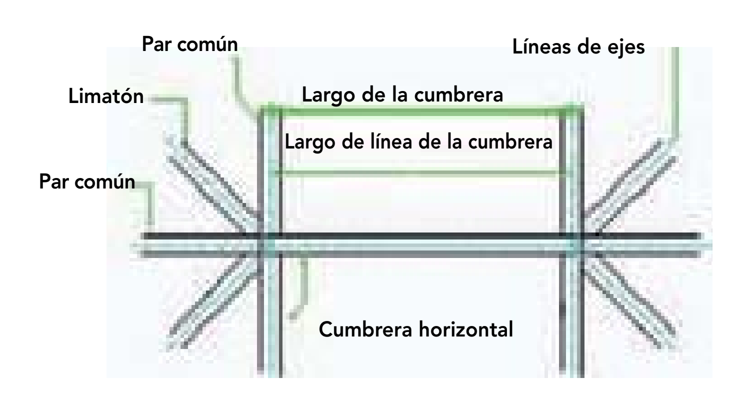
11.5.3.3.1. Trazado de la línea de corte en el limatón para el encuentro con la cumbrera

El corte en el limatón se realiza en función de dos ángulos: uno dado por la pendiente de la techumbre y el otro, por el encuentro del limatón con la cumbrera. Este corte se llamará “corte de doble ángulo”, el cual puede ser simple o compuesto.

Será corte de doble ángulo simple o corte de doble ángulo compuesto, dependiendo de cómo llega el limatón a la cumbrera horizontal.



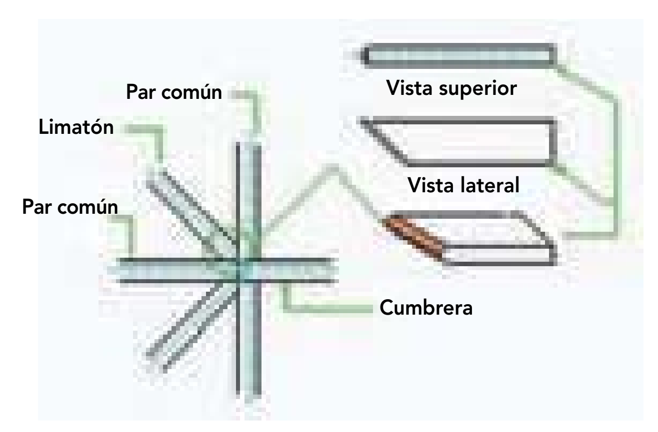
A) Encuentro simple del limatón con la cumbrera, requiere de un corte de doble ángulo simple.



B) Encuentro compuesto de limatón con la cumbrera y par común, que requiere de un corte de doble ángulo compuesto.

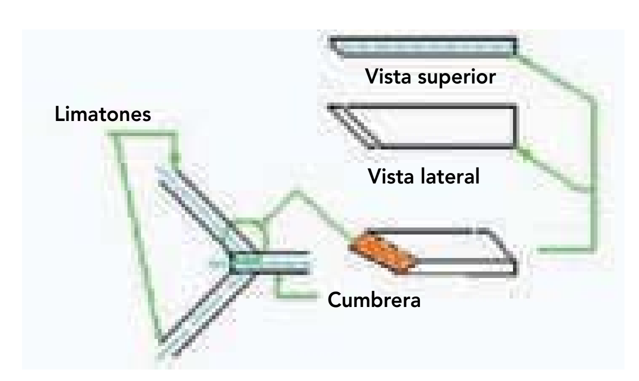
Figura 11-55: En función del número de elementos que llegan al encuentro, éste será caracterizado como simple (A) o compuesto (B).

A) Corte de encuentro de limatón con par común y cumbrera



Corte de doble ángulo compuesto

B) Corte de encuentro de limatón con cumbrera



Corte de doble ángulo simple

*Figura 11-56: Detalles que muestran los cortes que deben ser realizados en el limatón según sea un encuentro compuesto (**A**, corte dev doble ángulo compuesto), o simple (**B**, corte de doble ángulo simple).*

Para trazar el corte en los elementos se selecciona una pieza de madera recta con la que se fabrica una plantilla, permitiendo trazar los cortes sobre los elementos.

Las líneas rojas que aparecen en las figuras identifican las líneas de corte.

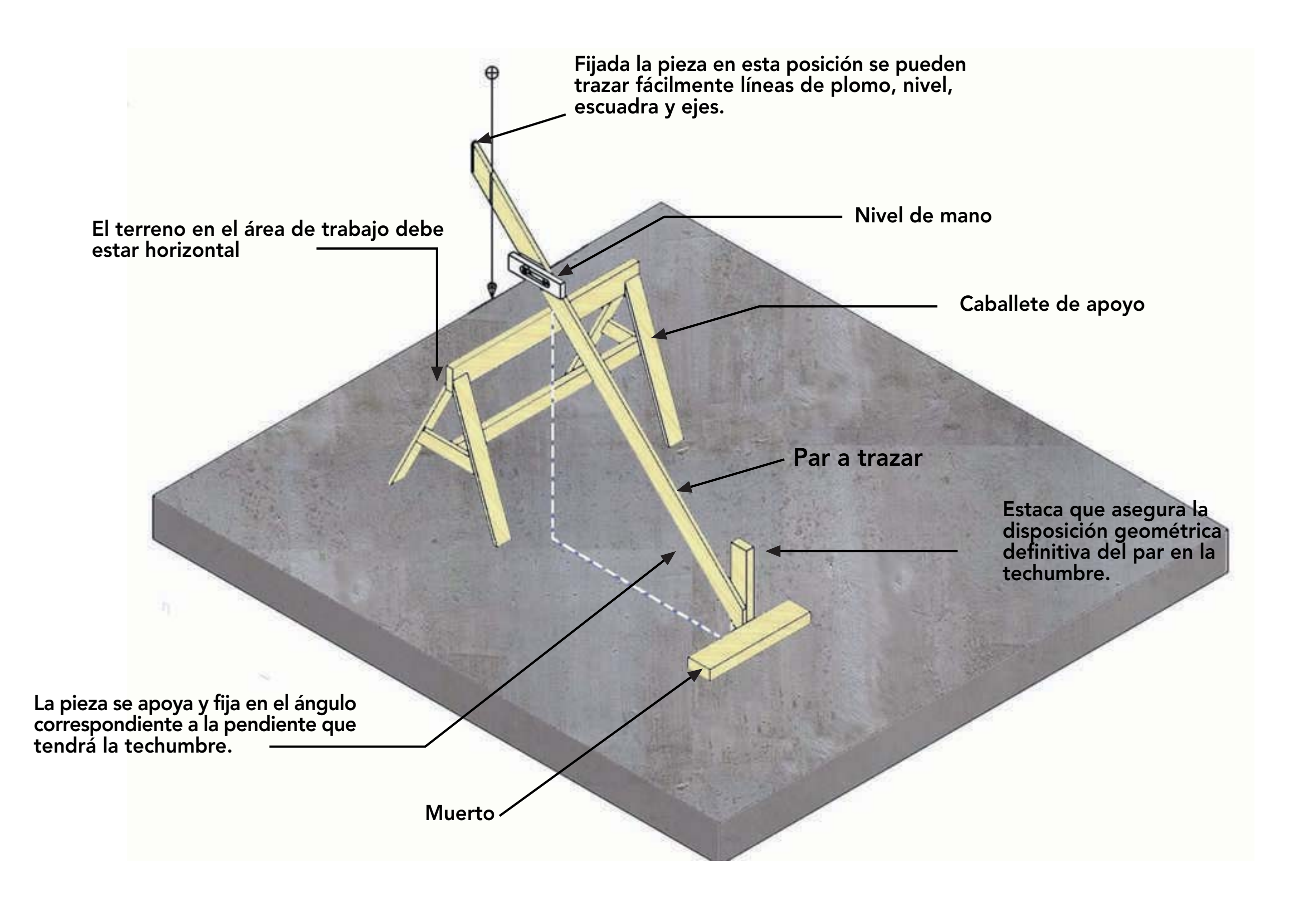


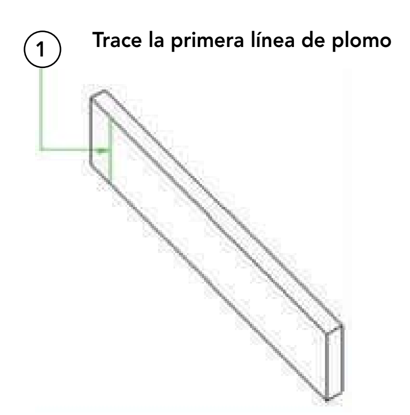
Figura 11 -57: Ejemplo de un lugar de trabajo con las condiciones mínimas para obtener cortes adecuados en los elementos. Se debe simular la pendiente que tendrá el elemento en al techumbre, modificando laaltura del caballete y la distancia a que debe ir el muerto para realizar los cortes de manera exacta.

i) Trazado de las líneas de corte para encuentro de limatón con cumbrera

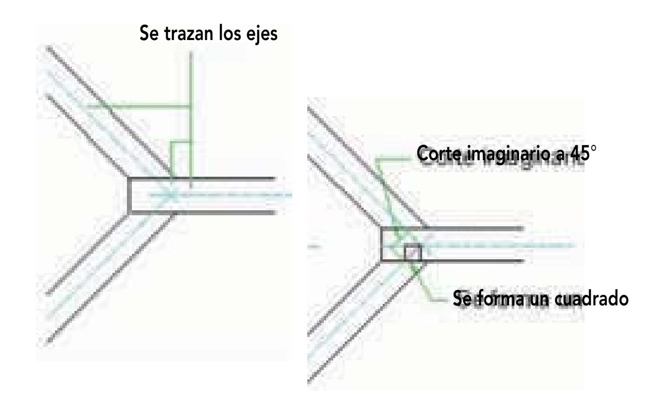
Las líneas rojas que aparecen en las figuras identifican las líneas de corte.

El corte que se realizará en este caso es corte de doble ángulo simple.

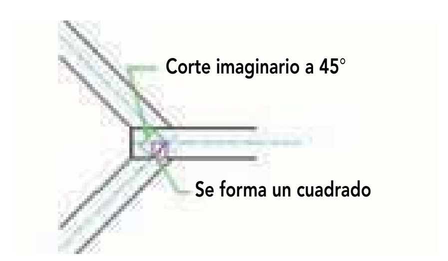
Se traza una línea a plomo cerca del extremo izquierdo de la pieza que se usará como plantilla.

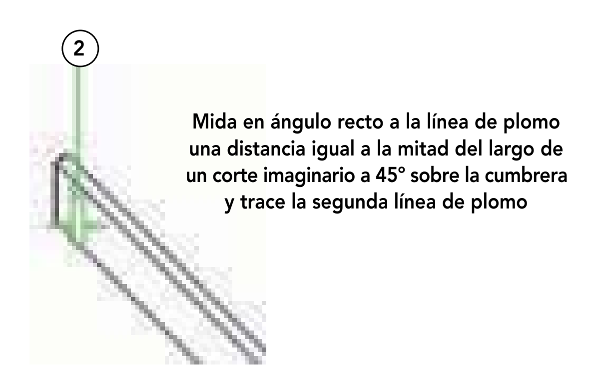


Se debe determinar la distancia que corresponde a la mitad del largo de un corte imaginario en 45° sobre la cumbrera.

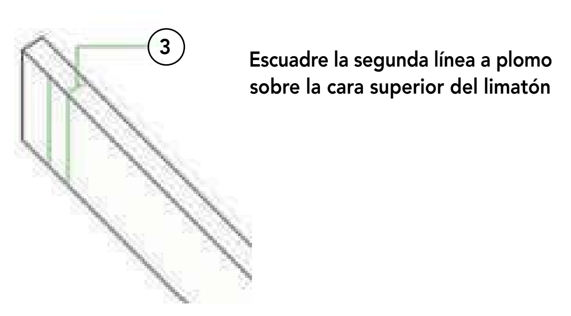


Se debe medir en ángulo recto a la primera línea a plomo, la distancia determinada y trazar una segunda línea a plomo.



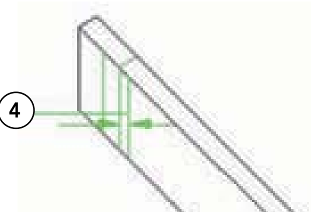


Se traza una línea a escuadra sobre el limatón partiendo de la segunda línea aplomada.

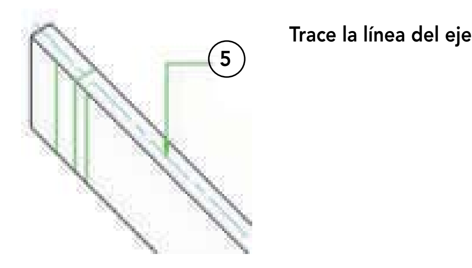


Se mide en ángulo recto a la segunda línea aplomada la mitad del espesor de la pieza que será limatón y se traza una tercera línea aplomada.

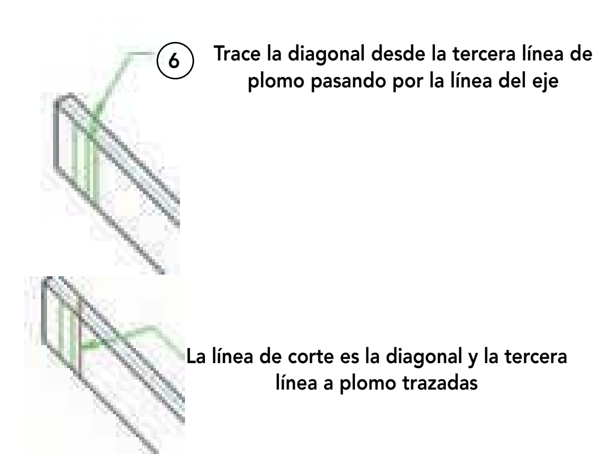
Medir en ángulo recto desde la segunda línea a plomo, la mitad del grosor de la pieza del limatón y trazar la tercera línea de plomo



Sobre la cara superior del limatón se marca el eje.



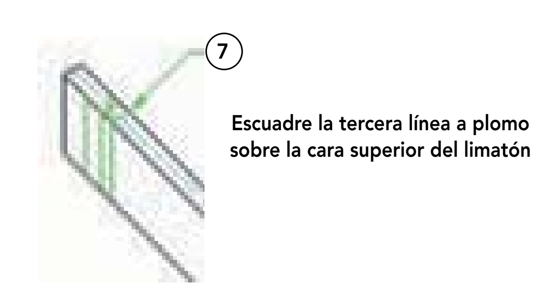
Desde el extremo superior de esta tercera línea aplomada, se traza otra línea que pase por la intersección entre el eje de la pieza y la línea a escuadra anteriormente trazada.



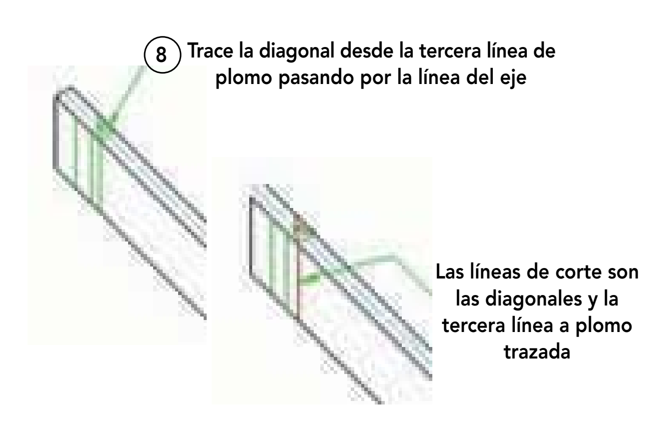
ii) Trazado de las líneas de corte para encuentro de limatón con cumbrera y par

Para este caso se repite el mismo procedimiento recién descrito, pero se agregan algunos puntos para trazar una segunda línea de corte, siendo un corte de doble ángulo compuesto.

Trazada la línea que pasa por la intersección del eje con la línea a escuadra, se debe marcar una segunda línea a escuadra desde la tercera línea a plomo que se ha dibujado.



Se marca una línea desde la intersección del eje con la primera línea a escuadra, trazada hasta encontrarse con el vértice de la segunda línea a escuadra.



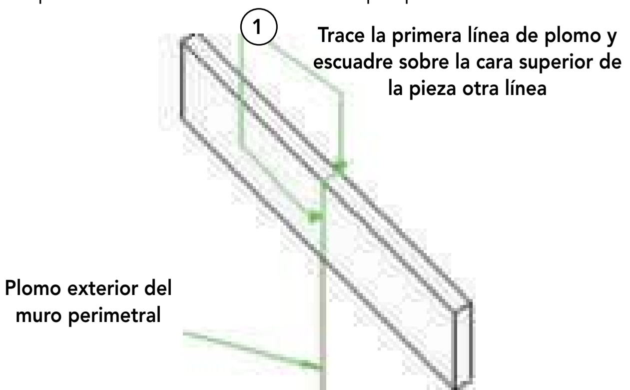
11.5.3.3.2. Trazado de línea de corte en el par común, para el encuentro con la cumbrera.

Bastará con colocar el par sobre los caballetes que tienen la pendiente de la techumbre y trazar en el extremo superior una línea a plomo que será la línea de corte para el par, Figura 11-57.

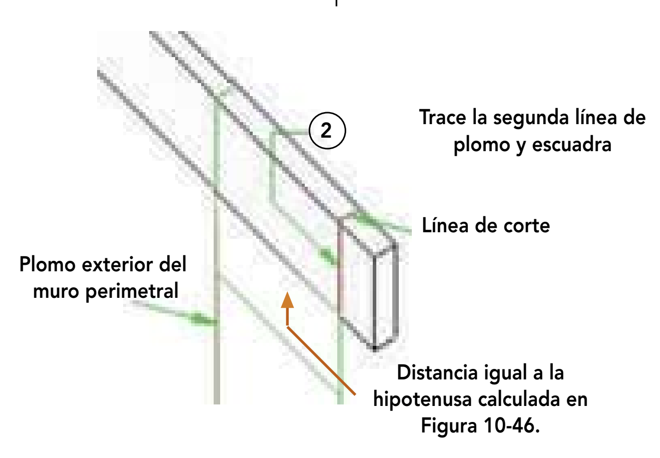
11.5.3.3.3. Trazado de las líneas de corte de los elementos en voladizo

Con los largos en voladizo, determinados tanto de pares, como del limatón que conformará el alero, se puede realizar el corte en el extremo de estos elementos, como se describe a continuación:

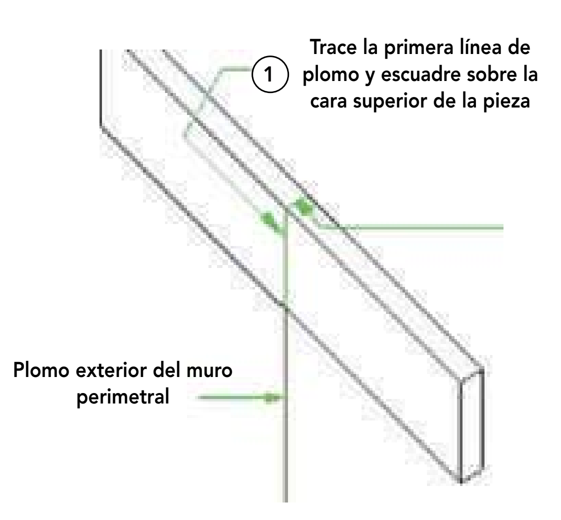
i) Trazado de líneas de corte en los pares
Se traza una línea sobre el lado más ancho del par a plomo con el exterior del tabique perimetral.



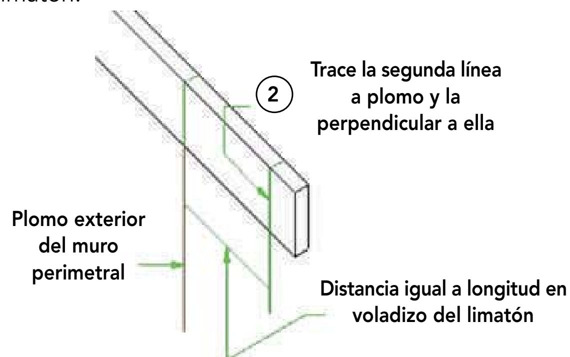
Desde esa marca se debe medir sobre el par la distancia previamente calculada (hipotenusa de la zona del par que está en voladizo, Figura 11-48), y trazar a plomo la línea de corte en el extremo del par.



ii) Trazado de las líneas de corte del limatón
Para este caso, se traza una línea sobre uno de los lados más anchos del limatón a plomo con los muros perimetrales exteriores. Sobre la cara superior, se traza una línea a escuadra con las líneas a plomo.

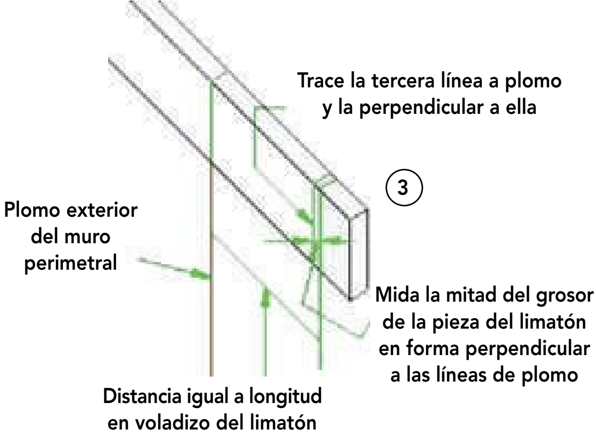


Desde esta línea a escuadra, se mide sobre la cara superior la distancia previamente calculada que corresponde al largo de la hipotenusa de la zona del limatón en voladizo (Figura 11-48). En ese extremo se trazan dos líneas, una a plomo que será la línea de corte temporal y otra perpendicular a esta última, sobre la cara superior del limatón.

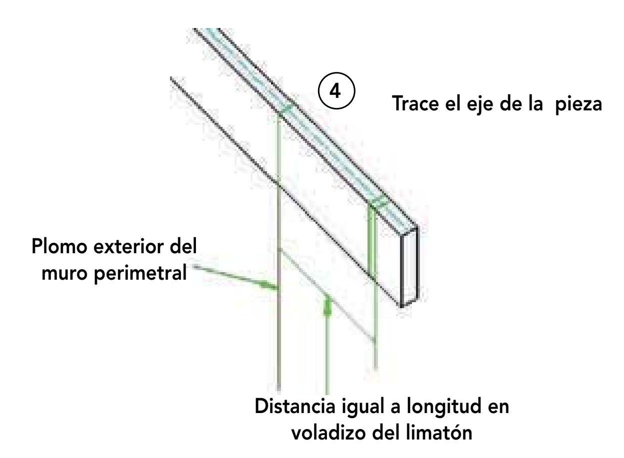


Como el corte del extremo inferior del limatón es un corte de doble ángulo compuesto, se deben trazar dos líneas de corte.

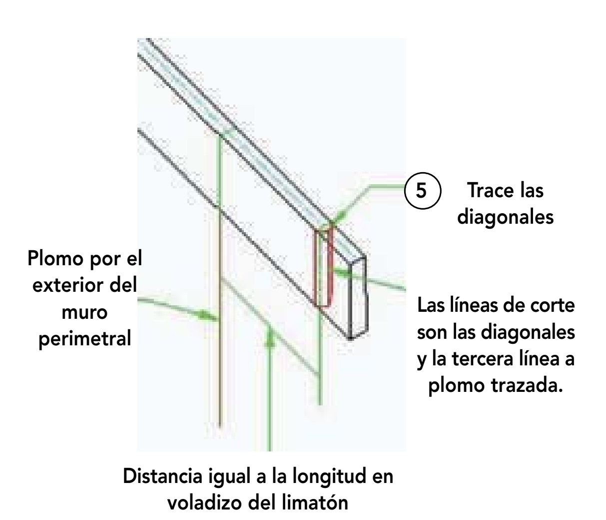
Se mide sobre la cara lateral en dirección hacia el tabique perimetral, una distancia igual a la mitad del espesor del limatón y se traza una línea a plomo sobre esa cara y otra línea a escuadra con ésta sobre la cara superior del limatón.



Se traza el eje del limatón sobre la cara superior.

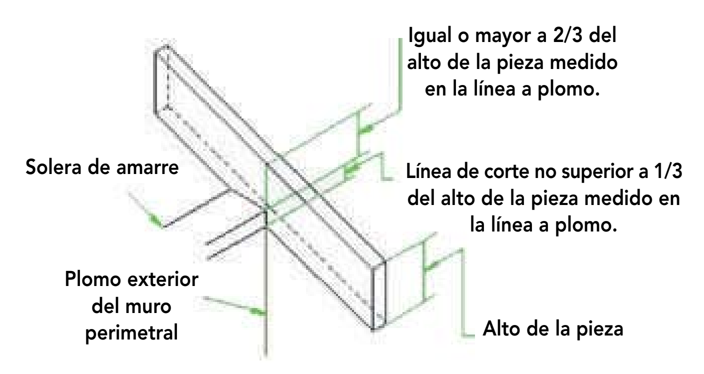


Se trazan las diagonales que se observan en la figura, que serán las líneas de corte.

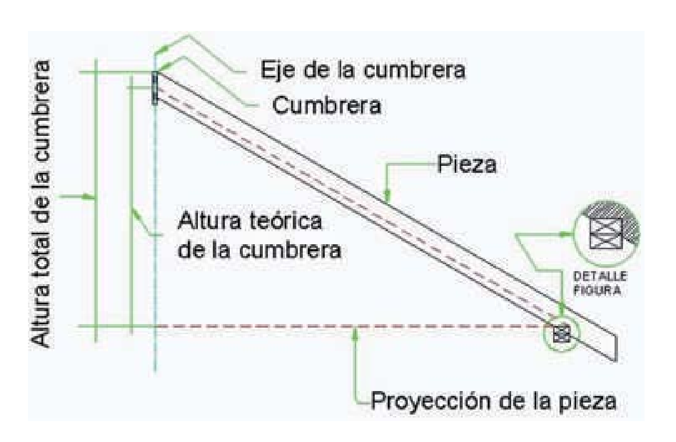


11.5.3.3.4. Trazado de las líneas de corte para apoyarse sobre la solera de amarre

Tanto los pares como el limatón deberán tener un recorte en su base para apoyarse y fijarse, cuando se encuentre con la solera de amarre de los tabiques. Para esto, se determinarán las líneas de corte. Las líneas de corte que van a plomo no pueden indicar un corte mayor a un tercio de la altura del par, situado en su posición definitiva.

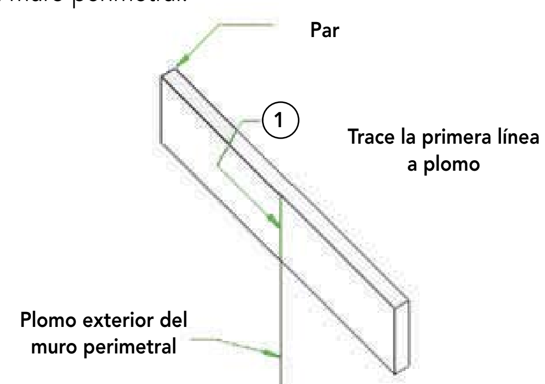


Estos cortes deberán permitir que se mantenga la pendiente de la techumbre y que el vértice superior interior de la solera de amarre coincida con la cara inferior del par.

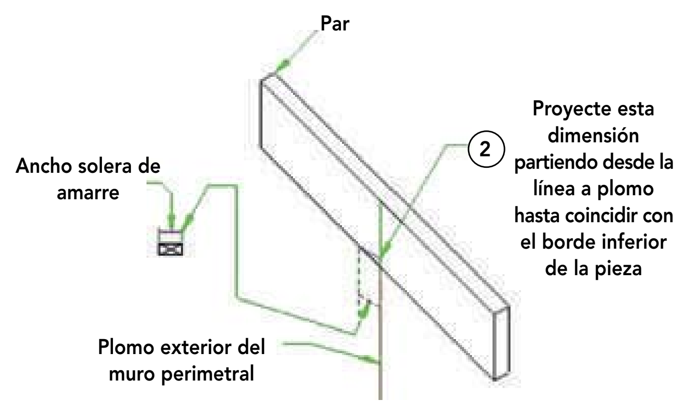


i) Trazado de las líneas de corte del par para apoyarse sobre la solera de amarre

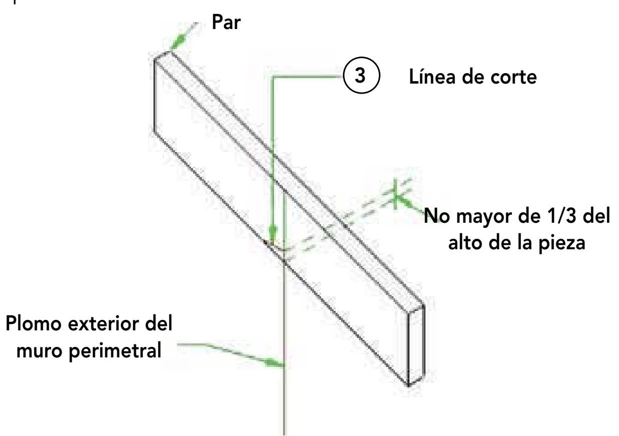
Como ya se sabe la longitud del par y del can en su posición definitiva, se puede trazar una línea a plomo donde empieza el can, la que coincidirá con el lado exterior del muro perimetral.



Se mide el ancho de la solera de amarre y se marca esa distancia, partiendo perpendicular a la línea aplomada hacia el interior de la edificación, hasta que coincida con el vértice del par.

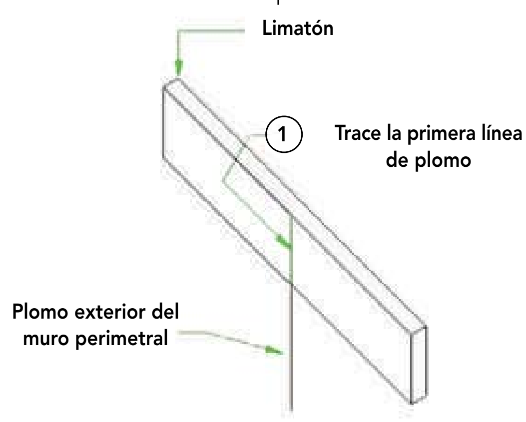


Corroborando que la altura de los pares remanentes sea mayor o igual a dos tercios de la altura de la pieza, se pueden establecer como definitivas las líneas de corte.

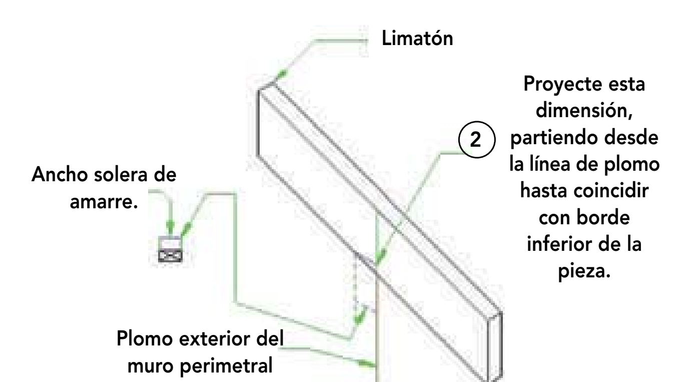


ii) Se trazan las líneas de corte del limatón para apoyarse sobre la solera de amarre

Trazamos una línea a plomo sobre el limatón en línea con el lado exterior del muro perimetral.

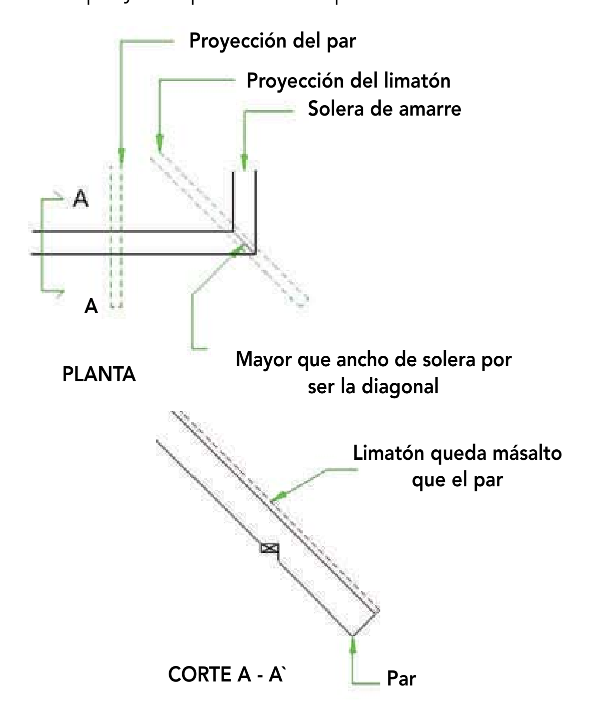


Sobre esta línea se mide la misma altura remanente del par común (mayor o igual a dos tercios de la altura del par en su posición definitiva), que quedó luego de trazar la línea de corte a nivel y se marca ese punto. Desde ese punto y perpendicular a la línea a plomo, se traza una línea hasta el vértice del limatón.



Con esto quedan definidas las líneas de corte, las que no se ha considerado ajustar a la esquina.

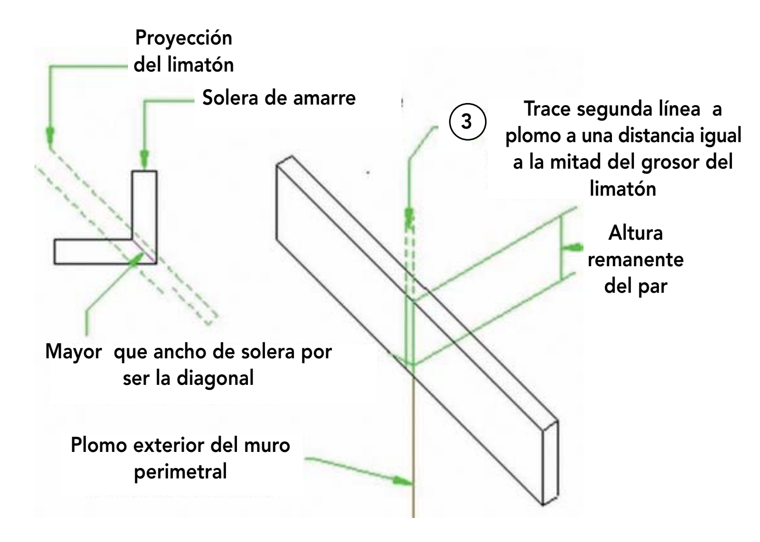
Como el limatón se ubica en la intersección de dos aguas, en el extremo de la techumbre sobre el encuentro de dos muros, la esquina superior del limatón que sobresale del muro se proyecta por sobre el plano de la techumbre.

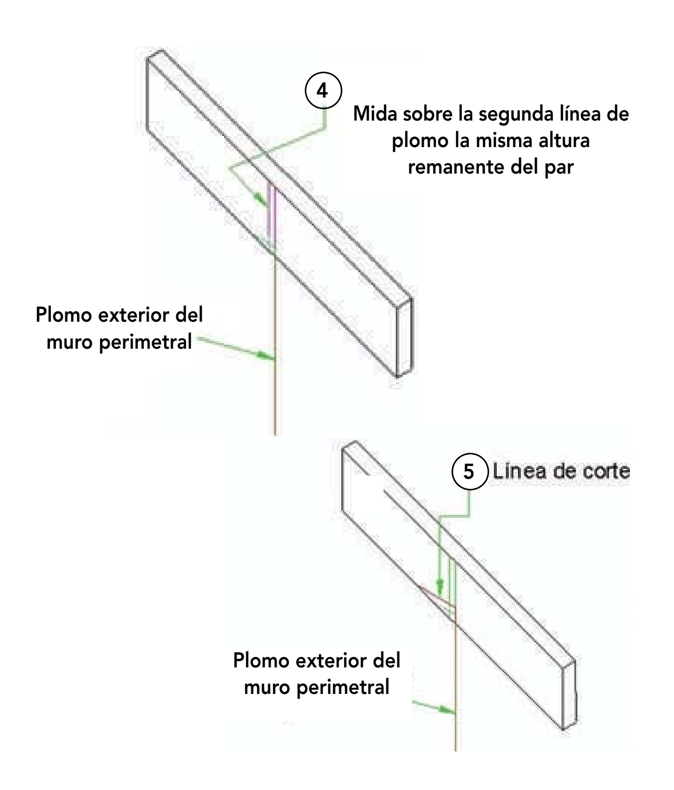


Por la razón anterior, la cara superior de la esquina exterior del limatón debe ser rebajada al mismo nivel que el resto de los elementos.

Una alternativa para lograr el nivel de la techumbre es recortar el limatón, para lo cual se debe hacer una segunda línea de corte de apoyo, que se llamará línea de recorte del limatón.

Procedimiento para determinar el recorte





11.5.3.3.5.Trazado de la línea de corte del par recortado

El par recortado se ubica desde la solera superior, en ángulo recto, hasta su encuentro con el limatón.

Los cortes del extremo que se apoya contra el limatón y del extremo en volado, son los mismos que el del par común. Es en definitiva un par común acortado en la diferencia estándar.

Considerar la dirección de la diagonal que será línea de corte, la que dependerá del lado en que se ubique el par recortado del limatón.

11.5.4. Secuencia constructiva

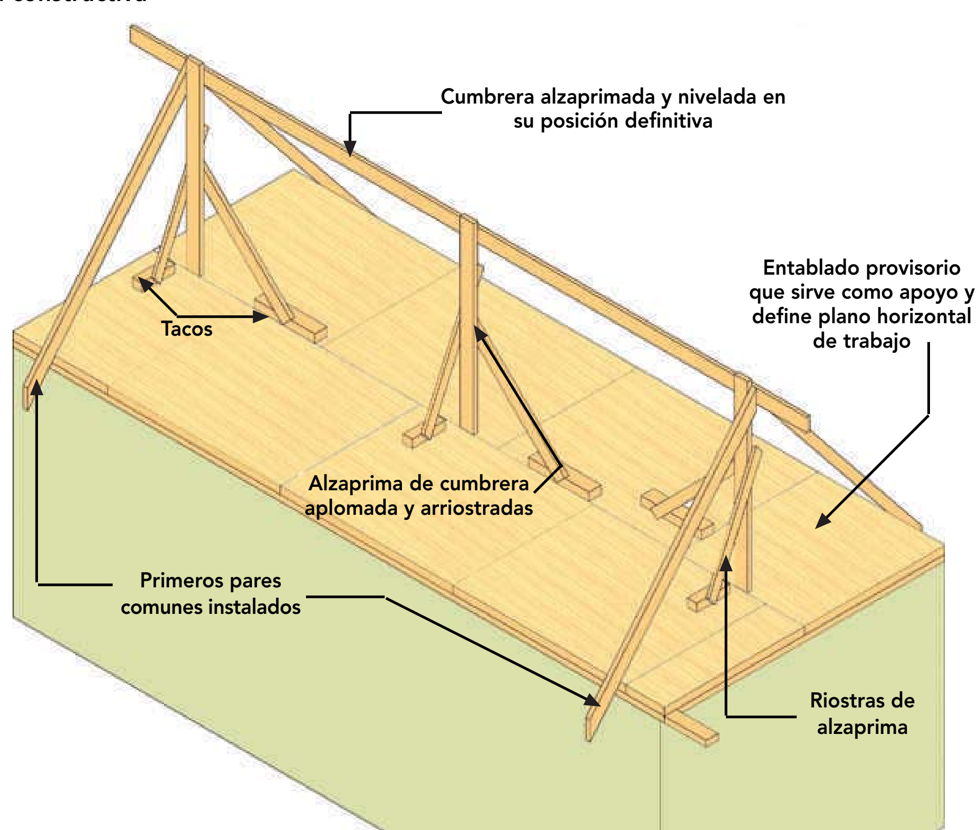
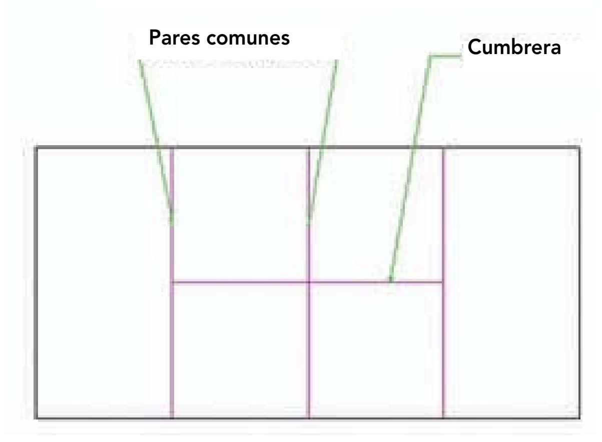
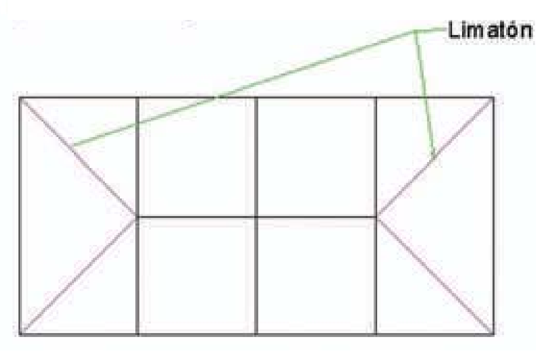


Figura 11-58 : Ejemplo de cómo iniciar el armado del tijeral en su posición definitiva. Se ven las alzaprimas temporales auxiliares para poder colocar en su ubicación definitiva la cumbrera que luego recibirá los pares, conformando la techumbre definitiva.

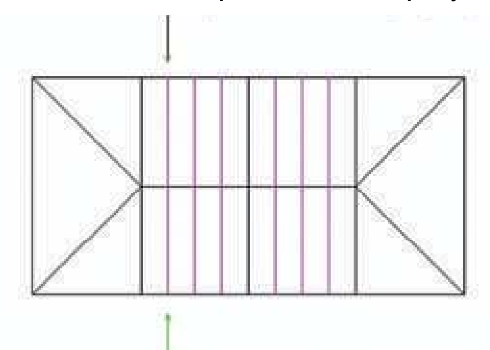
1 Instale la cumbrera sólo con los pares comunes mínimos necesarios



2 Instale los limatones (Los limatones rigidizan suficientemente el conjunto)

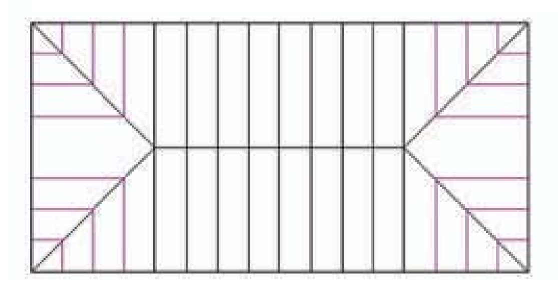


3 Instale el resto de los pares comunes en parejas opuestas

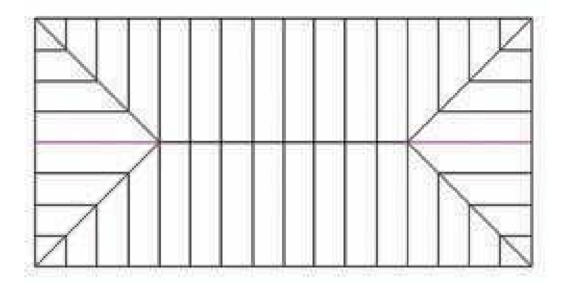


Controle visualmente la cara superior de la cumbrera para detectar posibles deformaciones a medida que avance el montaje

4 Instale los pares recortados por parejas opuestas entre sí, comenzando por la mitad de los paños



5 Instale los pares comunes restantes



11.5.5. Riostras para diafragma inclinado

Las riostras que se requieren en un diafragma inclinado son, al igual que en el caso de las cerchas, provisorias y permanentes.

Las riostras provisorias necesarias para materializar el diafragma son las que se mostraron en la Figura 11-58. Por otra parte, al observar la secuencia de instalación de los elementos, se aprecia que los mismos pares van asegurando la estructura al ser fijados a la cumbrera y a la solera.

Las riostras permanentes estarán dadas por costaneras o tableros estructurales que van sobre los pares y por cadenetas que van entre los pares y sobre la solera de amarre o plataforma (como se puede observar en la Figura 11-62 y Figura 11-65).

11.5.6. Encuentro de techumbres solucionadas con diafragmas inclinados

Para resolver las techumbres en forma de H, L, T, U o por la presencia de lucarnas, se requiere de una techumbre independiente para cada sección. Estas techumbres independientes se encuentran en la intersección llamada limahoyas.

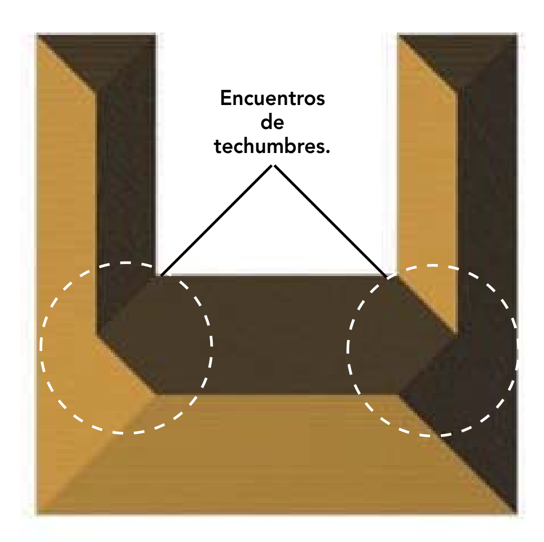


Figura 11-59: Vista en planta de una techumbre, donde se aprecian dos encuentros de techumbres.

Para mejor entendimiento, se expondrá la solución del encuentro de techumbres en dos partes: uno relacionado con la cubicación y la otra con el replanteo y ejecución.

11.5.6.1 Determinación de longitudes de los elementos ubicados en el encuentro de techumbres

11.5.6.1.1. Longitud del limahoya estructural

Para determinar su longitud, se debe considerar como unidad de proyección la misma que el limatón, es decir, 15 cm.

La longitud total del limahoya estructural es la misma longitud del limatón de la techumbre principal.

11.5.6.1.2. Longitud del extremo en voladizo del limahoya

Su largo se determina con el mismo procedimiento utilizado para encontrar la longitud del extremo en voladizo del limatón (11.5.3.).

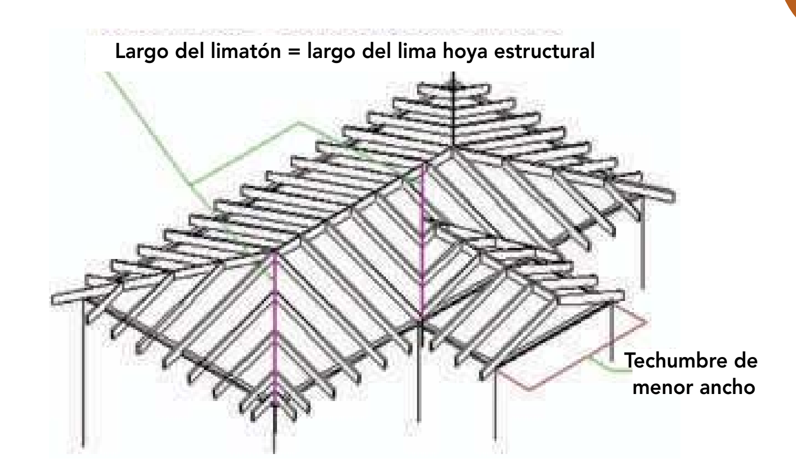


Figura 11-60: Se destacan el limatón y limahoya que tienen el mismo largo, como se observa en la figura.

11.5.6.1.3 Longitud del limahoya secundario

El largo del limahoya secundario se determina conociendo la extensión del par común de la techumbre de menor ancho.

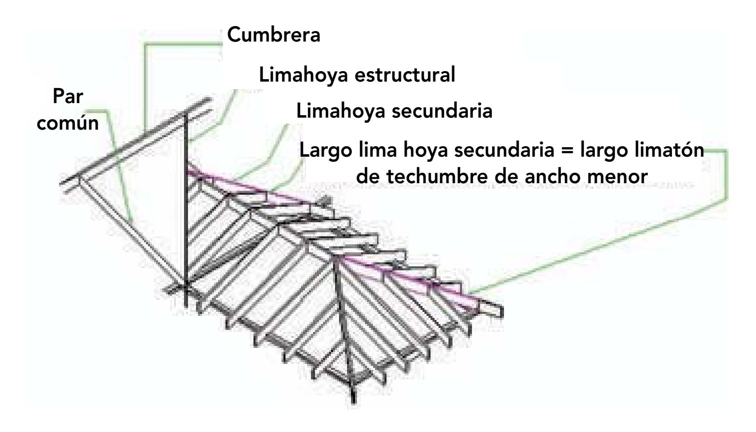


Figura 11-61: En la figura se muestra que para determinar el largo del limahoya secundario es suficiente saber la longitud del limatón de la techumbre de menor ancho.

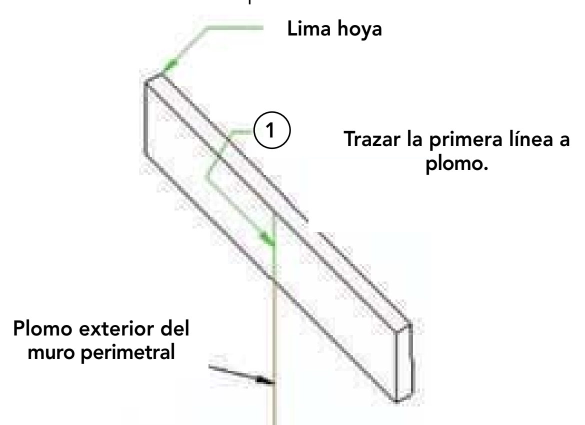
11.5.6.2 Trazado de las líneas de corte de elementos ubicados en el encuentro de techumbres

11.5.6.2.1. Trazado de las líneas de corte para el limahoya estructural

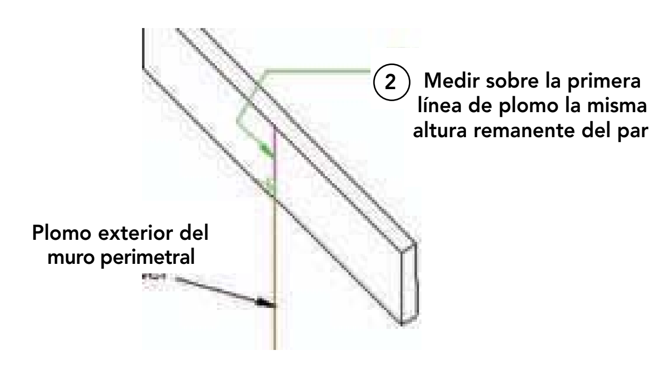
En el extremo del limahoya que va en contacto con la cumbrera, se debe trazar un corte de doble ángulo simple, para lo cual se sigue el mismo procedimiento realizado en el trazado de las líneas de corte en limatón, para el encuentro con la cumbrera (11.5.3.3.1.i).

11.5.6.2.2. Trazado de las líneas de corte para fijarlas a la solera de amarre

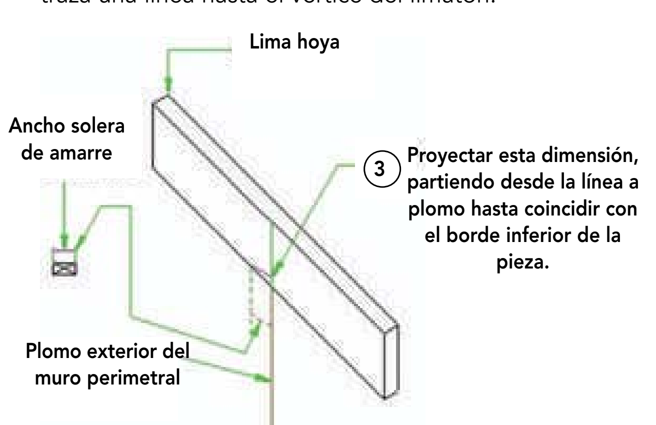
Trazar una línea a plomo donde empieza el can, por el lado exterior del muro perimetral.



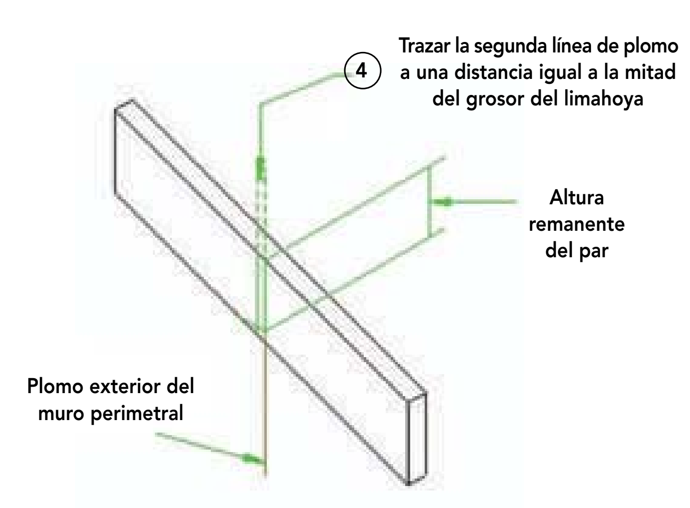
Sobre esta línea se mide la misma altura remanente del par común (mayor o igual a dos tercios de la altura del par en su posición definitiva), que quedó luego de trazar la línea de corte a nivel y se marca ese punto.



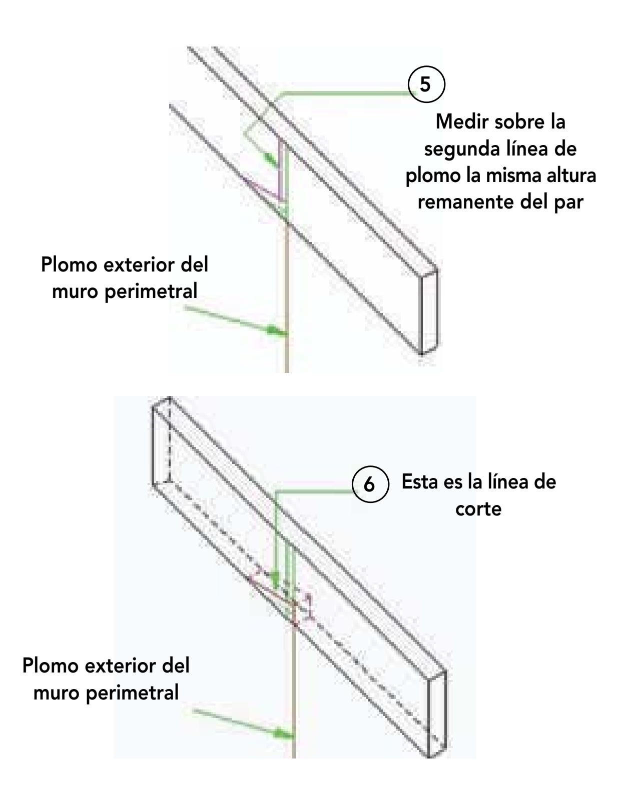
Desde ese punto y perpendicular a la línea a plomo, se traza una línea hasta el vértice del limatón.



Desde la línea a plomo se mide en ángulo recto una distancia igual a la mitad del espesor del limahoya y se traza una segunda línea a plomo.



Se mide sobre la segunda línea a plomo la altura remanente, y se traza una línea perpendicular a la segunda línea de plomo hasta el vértice del elemento.



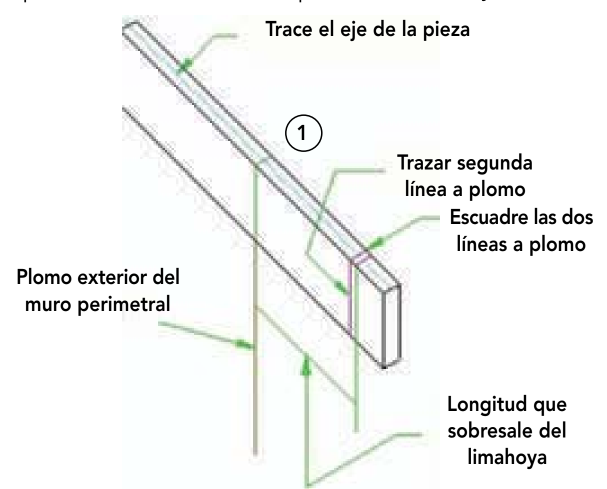
En el limahoya no ocurre el mismo problema que en la esquina del limatón, el cual queda en una sección más alta que el par común, pero hay que rebajar el sector entre la intersección del limahoya estructural con el limahoya secundario, hasta la cumbrera.

11.5.6.2.3. Trazado de la línea de corte para el extremo en voladizo del limahoya

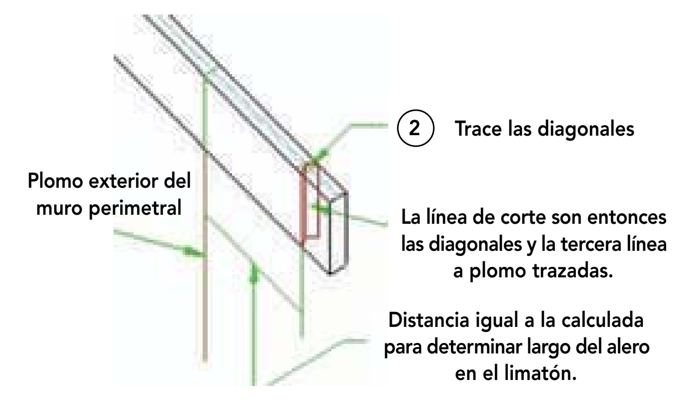
El corte de extremo en el limahoya es un corte de doble ángulo compuesto. Es similar al del limatón, pero sus ángulos son hacia adentro, en vez de hacia fuera.

Se traza la línea a plomo que marca hasta donde llega el alero, y desde ahí se mide en ángulo recto en dirección hacia la cumbrera una distancia igual a la mitad del espesor de la pieza y se traza una segunda línea aplomada.

Se trazan las líneas a escuadra con respecto a cada línea aplomada, sobre la cara superior del limahoya.



Trazar las diagonales desde el centro, como se observa en la figura.



11.5.6.2.4. Trazado de la línea de corte del limahoya secundario

En ambos extremos, las líneas de corte se trazan de la misma manera que el limahoya estructural. Sin embargo, el corte a plomo del extremo superior es diferente al del limahoya estructural.

Como los pares del limahoya se encuentran en ángulo recto, el corte de doble ángulo del limahoya secundario es un corte recto.

Trazar una línea a plomo en el extremo superior, el cual señala el largo de la pieza.

Se debe medir desde la línea a plomo trazada y perpendicular a ésta, la mitad del espesor del limahoya estructural y trazar una segunda línea a plomo, que será la línea de corte.

11.6 ARRIOSTRAMIENTO DEFINITIVO COMO BASE DE LA CUBIERTA DE TECHUMBRE

La colocación de costaneras o tableros estructurales en la techumbre debe iniciarse sólo cuando su enmaderación esté solucionada mediante cerchas o diafragma inclinado. Su finalidad es proporcionar la rigidez necesaria a la techumbre y una base adecuada para la colocación del tipo de cubierta que defina el proyecto.

11.6.1. Con costaneras

Se recomienda utilizar piezas cepilladas normalmente de escuadría 2"x 4"ó 2"x 6". Para su instalación remitirse al Capítulo IV, Unidad 17.

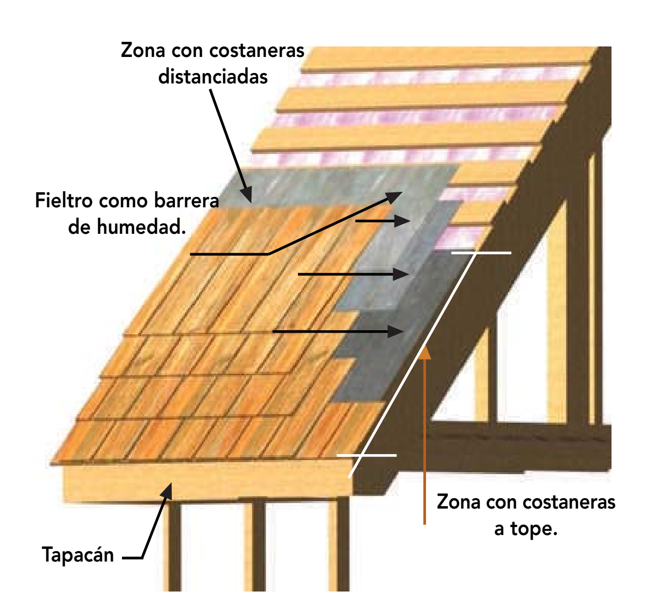


Figura 11-62: Arriostramiento de la techumbre con costaneras, las que además recibirán la solución de cubierta con tejuelas de madera.

11.6.2. Tableros estructurales

Los tableros cuyo espesor es determinado por cálculo (mínimo 15 mm) deben ser colocados perpendiculares a los pares. Los encuentros de tableros deben coincidir sobre los ejes de los pares (en los extremos), y sobre cadenetas en los bordes longitudinales, quedando separados una de otra 3 a 4 mm.

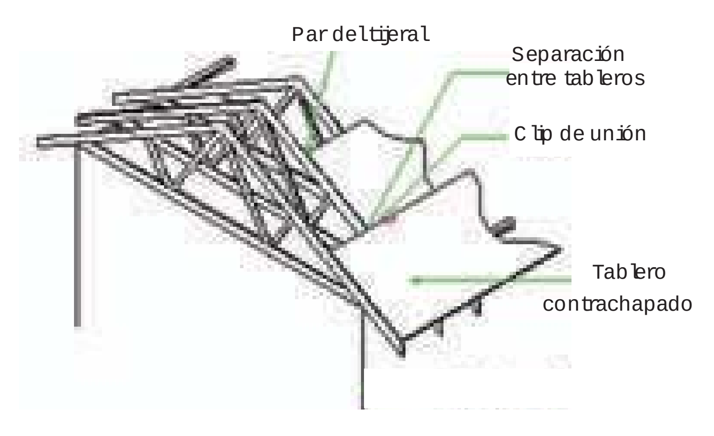


Figura 11-63: *Los bordes extremos menores de los tableros deben apoyarse sobre los pares.*

Opcionalmente, se pueden utilizar tableros con bordes machihembrados en vez de apoyarlos sobre cadenetas y pares.

Su clavado se debe realizar cada 15 cm en el perímetro y cada 30 cm en el interior.

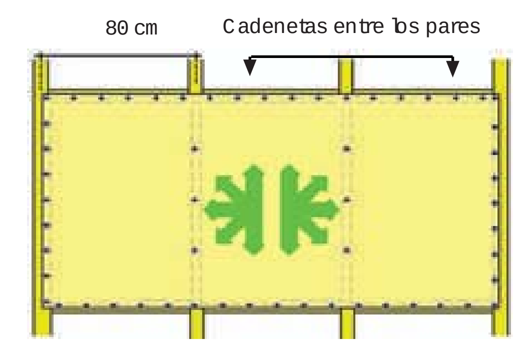
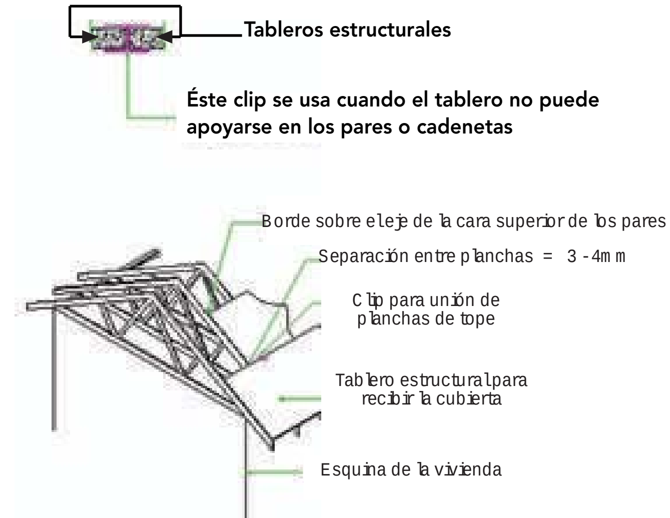


Figura 11-64 : *Clavado de placa a los pares, de cerchas o diafragma inclinado, ubicados cada 80 cm y a cadenetas ubicadas en el perímetro de la placa.*

Cuando la distancia entre cerchas fluctúa entre 0.80 y 1 m, el borde mayor de los tableros en esta distancia queda sin apoyo, acentuándose dicho problema si son tableros sin borde machihembrado, en este caso se pueden colocar piezas de apoyo adicionales entre cerchas o se pueden utilizar clips especiales.

Para esto, los clips que tienen forma de "H", deben ser colocados en el borde de los tableros que se encuentren sin soporte. Se usan dos clips para luces de 1,2 m o mayores y un solo clip para luces menores.



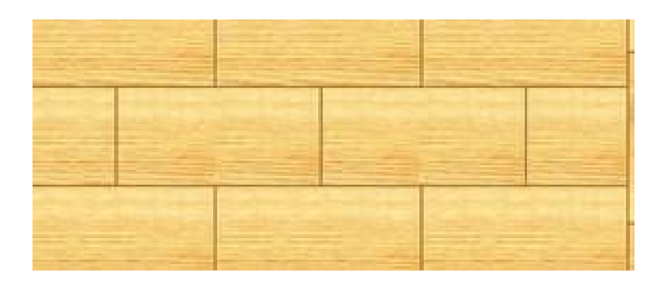


Figura 11-65: *Vista en planta de la disposición de los tableros estructurales en la techumbre.*

La colocación de los tableros debe ser en forma trabada, con traslapes no inferiores a 1/3 de la longitud del tablero.

11.7. ALEROS

El alero es una proyección de la techumbre que sobresale del muro perimetral. Sus funciones son proteger los muros perimetrales de la acción directa de la lluvia, así como ayudar en la aislación térmica en verano, evitando la acción directa de los rayos solares sobre los muros perimetrales y permitir la ventilación de la techumbre.

Está conformada principalmente por el can, el tapacán y forro de alero.

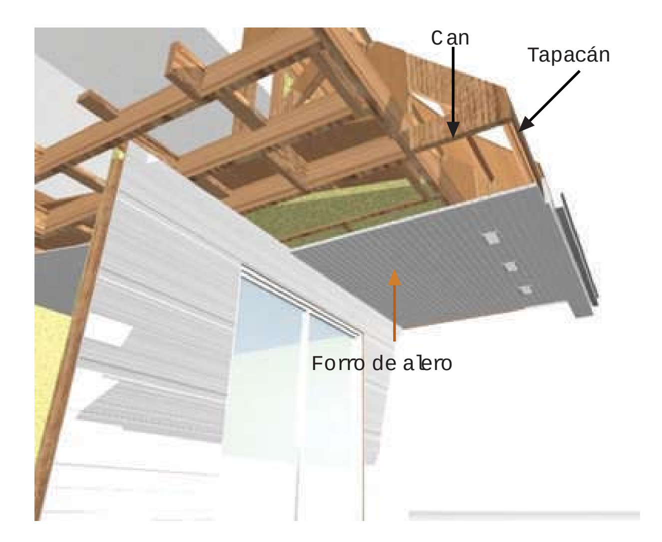


Figura 11-66: Vista de un alero recto, donde se muestran los elementos que lo componen.

Existen distintos tipos de aleros: con canes a la vista, el cual no lleva forro de alero por lo que se puede ver el tablero estructural, can horizontal forrado y can inclinado forrado.

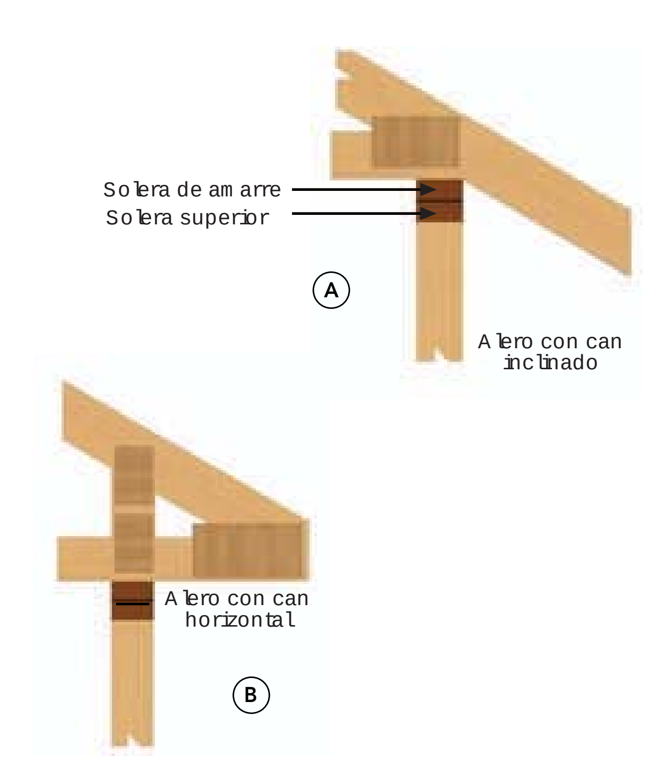


*Figura 11-67: **A**, Alero inclinado can conformado por alargamiento del par de la cercha. **B**, Alero horizontal can conformado por el cordón inferior de la cercha.*

11.7.1. Alero en la zona del frontón (proyección de la techumbre)

Para la colocación del alero en la zona donde va el frontón se deben rebajar los pares del frontón a una altura tal que, al colocar las piezas de madera que van desde la penúltima pareja de pares hasta la pareja de pares que estará en voladizo, se mantenga la pendiente de la techumbre y se aseguren los elementos en voladizo.



Figura 11-68: Figura que muestra el frontón de una altura menor a las cerchas para generar el alero con las costaneras.

11.8. FALDÓN

Para su materialización a base de cerchas se requieren de tres tipos, en el caso de la figura 11- 69, de forma trapezoidal (2) y cerchas triangulares pequeñas (3).

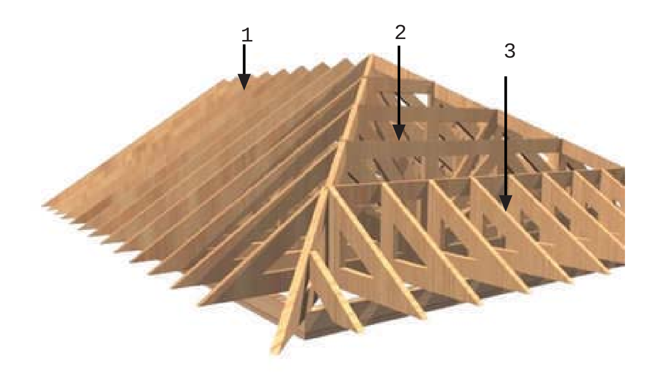


Figura 11-69: Se muestran los tipos de cerchas necesarios para materializar el faldón.

Una vez instaladas las cerchas tipo (1) que van en la parte central de la techumbre, para su armado se procede a colocar las cerchas especiales que se aseguran con un cadeneteado entre ellas, ayudando en la estabilidad de éstas, además de entregar una superficie de apoyo para la fijación de los tableros estructurales.

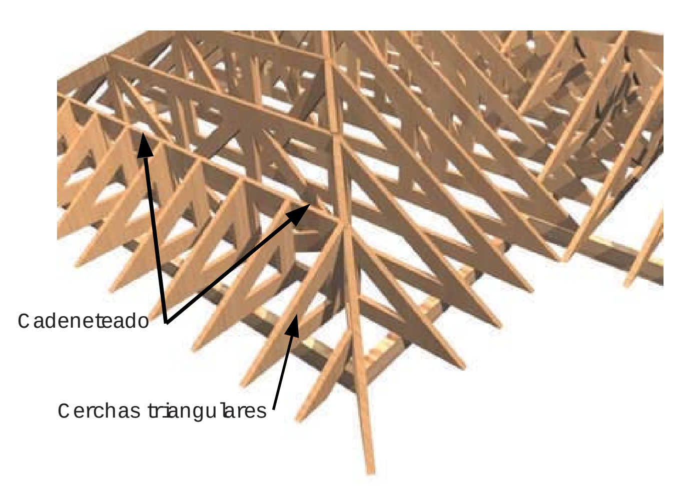


Figura 11-70: Cadenetas entre cerchas trapezoidales y cerchas triangulares, que además de ser el término del faldón generan el alero.

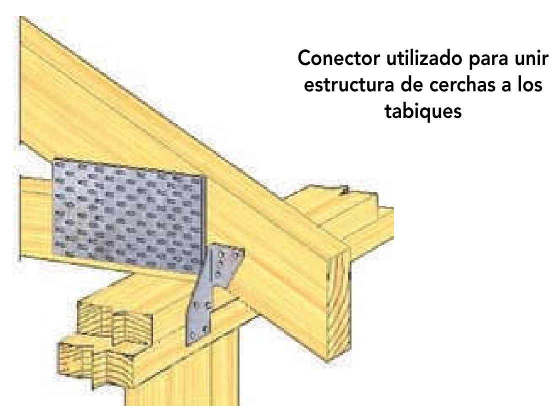
En el Anexo II se entrega un ejemplo de prefabricación de una estructura de techumbre en base a cerchas.

Finalmente se colocan las cerchas triangulares, como se aprecia en la Figura 11-70.

11.9. FIJACIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LA TECHUMBRE A LOS ENTRAMADOS VERTICALES

Los elementos de la estructura de techumbre (cerchas o tijerales), se deben fijar a los entramados verticales en el extremo donde se encuentra el tirante con el par. Estos se fijan a la solera de amarre mediante conectores metálicos o piezas de madera, según lo especifique el plano de cálculo correspondiente, como por ejemplo:

a) Mediante conectores metálicos



La cercha puede fijarse a una viga compuesta mediante un conector metálico de tipo bandeja

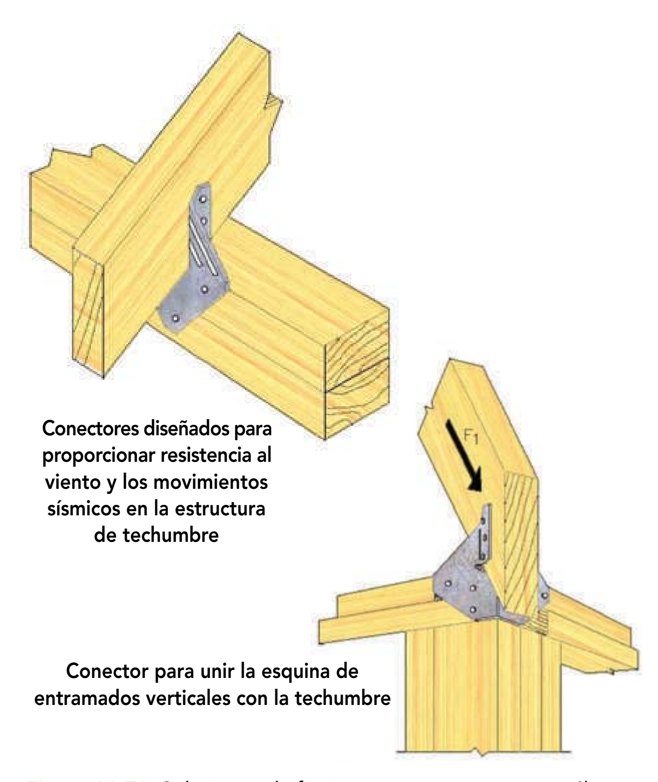


Figura 11-71: Soluciones de fijaciones con conectores metálicos.

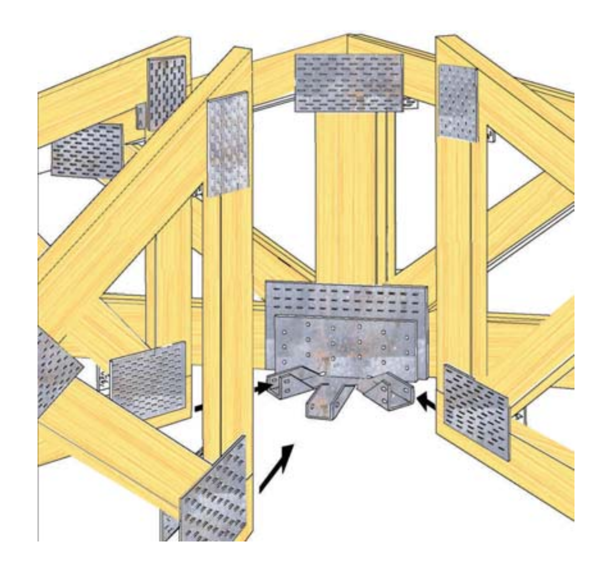
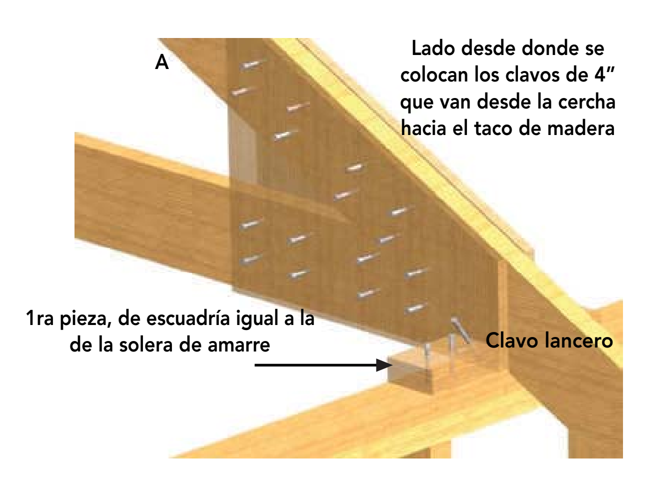


Figura 11-72: Soluciones de fijaciones múltiples. Varias cerchas concurren a un punto de apoyo, resuelto por medio de conectores metálicos especialmente diseñados para ello.

b) Mediante piezas de madera

La forma tradicional de fijar las estructuras de la techumbre a los entramados verticales es mediante piezas de madera (tacos) de igual escuadría que la solera de amarre, las que se fijan con clavos helicoidales como se muestra en la secuencia:



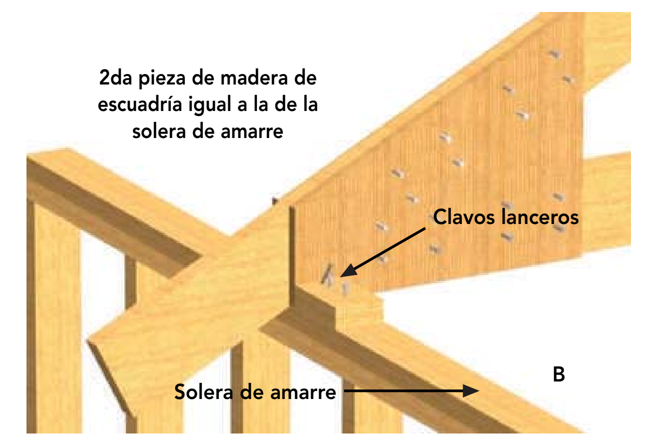


*Figura 11- 73: **A)** Una vez presentada la cercha en su ubicación definitiva (sobre la solera de amarre), se coloca por un lado de ésta una pieza de escuadría 2 x4" (igual escuadría de la solera de amarre), y largo 20 cm mínimo, fijándola a la solera de amarre con clavos de 4" mínimo. A continuación, por el lado opuesto de la cercha se ancla ésta a la pieza recién instalada con clavos (4" mínimo), dispuestos en forma horizontal. **B)** Por el lado libre de la cercha se fija otra pieza, de iguales características que la primera, y se colocan clavos lanceros (según cálculo), de 5" mínimo desde la pieza recién fijada hacia la cercha.*

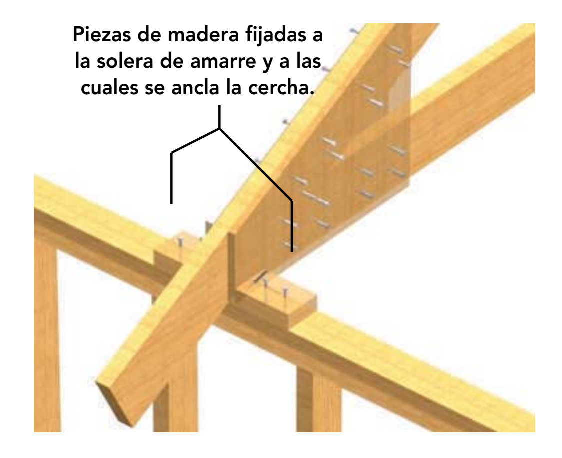


Figura 11- 74: Cercha fijada por ambos lados a la estructura del entramado vertical.

11.10 LUCARNAS

Cuando el proyecto contempla lucarnas, por razones decorativas o por existencia de mansarda, es necesario considerar refuerzos y piezas adicionales en la estructura de techumbre:

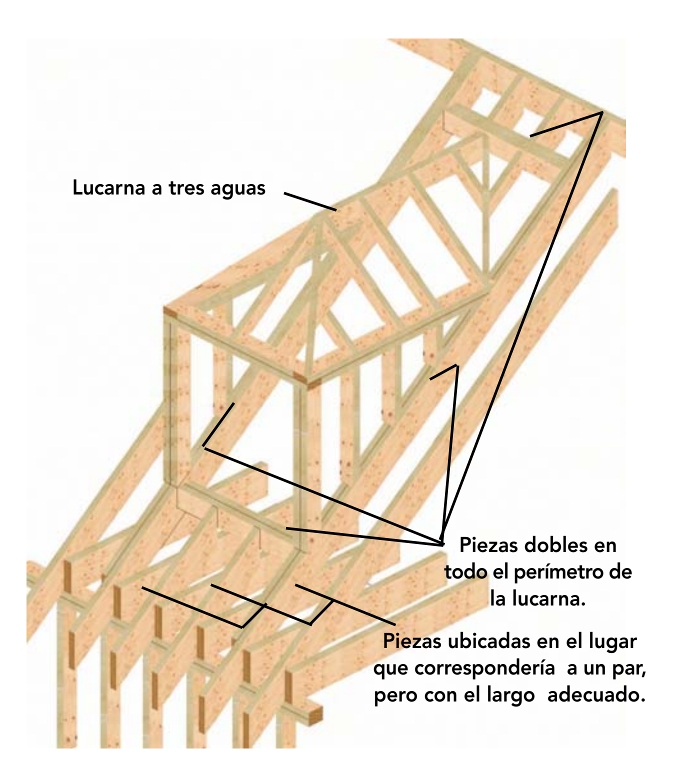


Figura 11- 75: *Lucarna a tres aguas que interrumpe los elementos estructurales del diafragma inclinado y que requiere de refuerzos en el perímetro donde se recortaron las piezas de la estructura de techumbre.*

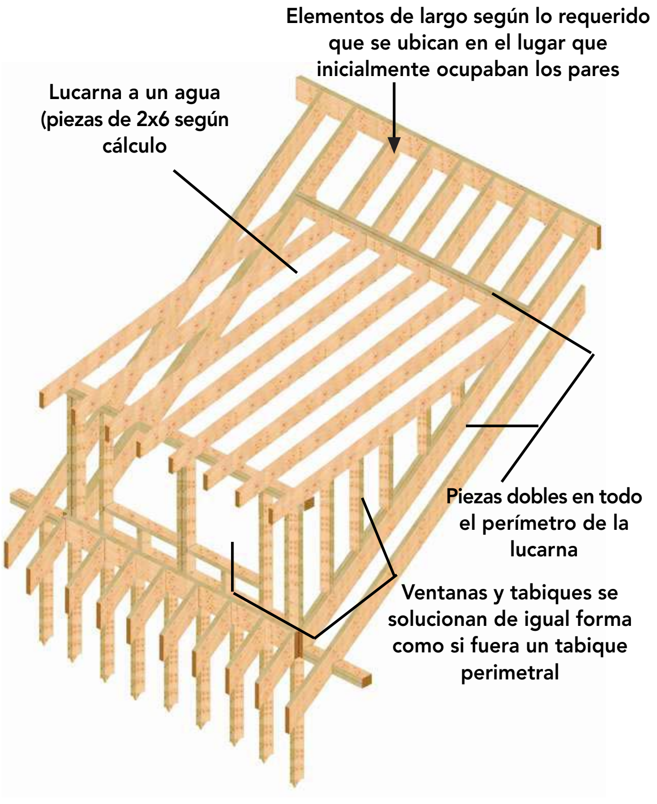


Figura 11- 76: *Lucarna a un agua que interrumpe los elementos estructurales del diafragma inclinado y que requiere de refuerzos en el perímetro donde se recortaron las piezas de la estructura de techumbre.*

A

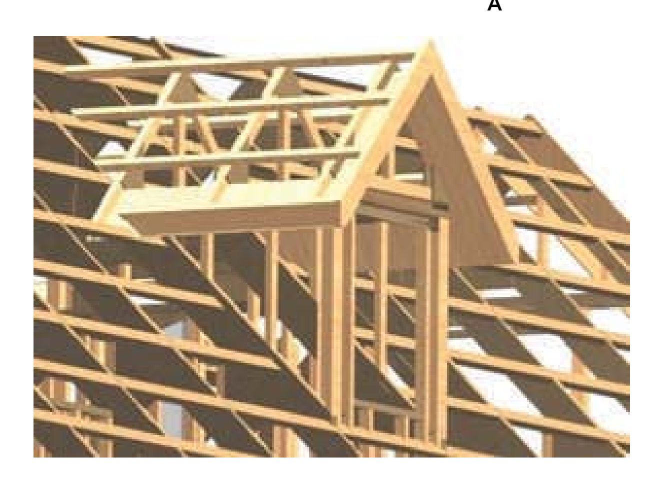


Figura 11-77 A: *Vista en perspectiva de lucarna, proyectada entre dos cerchas continuas.*

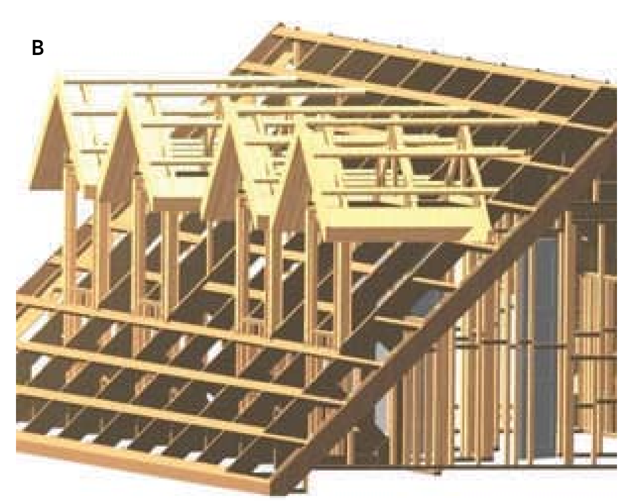


Figura 11- 77 B: Lucarnas a dos aguas, ubicadas entre cerchas, fijadas sobre los pares de las cerchas .

BIBLIOGRAFIA

- Ambroser, J; Parker, H, "Diseño Simplificado de Estructuras de Madera", 2° Edición, Editorial Limusa S.A de C.V, México D.F, México, 2000.
- American Forest & Paper Association, "Manual for Engineered Wood Construction", AF&PA, Washington D.C, EE.UU., 2001.
- American Forest & Paper Association, "Manual for Engineered Wood Construction", Washington D.C, EE.UU. 1996.
- American Plywood Association, "Noise-rated Systems", EE.UU. 2000.
- American Plywood Association, "Wood Reference Handbook", Canadian Wood Council, Canadá, 1986.
- American Plywood Association, "Guía de Madera Contrachapada", Chile, 1982.
- American Plywood Association, "Madera Contrachapada de EEUU. para pisos, murallas y techos", Canadá, 1982.
- American Plywood Association, "Construcción para resistir huracanes y terremotos", Chile, 1984.
- Arauco, "Ingeniería y Construcción en Madera", Santiago, Chile, 2002.
- Branz, "House Building Guide", Nueva Zelanda, 1998.
- Ball, J; "Carpenter and builder library, foundations-layouts-framing", v.3, 4° Edición, Editorial Indiana, 1977.
- Breyer, D; Fridley, K; Cobeen, K, "Design of wood structures" ASD, 4° Edición, Editorial Mc Graw Hill, EE.UU., 1999.
- Building Design & Construction, "Wood-framed building rising to greater heights", v.32 (2):77, Feb. 1991.
- Canada Mortgage and Housing Corporation, CMHC, "Manual de Construcción de Viviendas con Armadura de Madera – Canadá", Publicado por CMHC, Canadá, 1998.
- Canada Mortgage and Housing Corporation, CMHC, "Woodframe Envelopes in the Coastal Climate of British Columbia", Publicado por CMHC, Canadá, 2001.
- Canadian Wood Council, "Introduction to Wood Design", Ottawa, Canadá, 1997.
- Canadian Wood Council, "Wood Design Manual", Ottawa, Canadá, 2001.
- Canadian Wood Council, "Introduction to wood building technology", Ottawa, Canadá, 1997.
- Carvallo, V; Pérez, V, "Manual de Construcción en Madera", 2° Edición, Instituto Forestal – Corporación de Fomento de la Producción, Santiago, Chile, Noviembre 1991.
- Code NFPA, "Building Energy", EE.UU., 2002.
- D.F.L. N° 458 y D.S N° 47 Ley y Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU)

- Echeñique, R; Robles, F, "Estructuras de Madera", Editorial Limusa, Grupo Noriega editores, México, 1991.

- Espinoza, M; Mancinelli, C, "Evaluación, Diseño y Montaje de Entramados Prefabricados Industrializados para la Construcción de Viviendas", INFOR, Concepción, Chile, 2000.

- Faherty, K; Williamson, T, "Wood Engineering and Construction Handbook", 2° Edición, Editorial Mc Graw Hill, EE.UU., 1995.

- Goring, L. J; Fioc, LCG, "First-Fixing Carpentry Manual", Longman Group Limited, Inglaterra, 1983.

- Guzmán, E; "Curso Elemental de Edificación", 2° Edición, Publicación de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, Santiago, Chile, 1990.

- Hageman, J; "Contractor's guide to the building code", Craftsman, Carlsbad, California, EE.UU.,1998.

- Hanono, M; "Construcción en Madera", CIMA Producciones Gráficas y Editoriales, Río Negro, Argentina, 2001.

- Heene, A; Schmitt, H, "Tratado de Construcción", 7° Edición Ampliada, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.

- Hempel, R; Poblete, C, "Vigas" Cuaderno N°8, Universidad del Bío-Bío, Editorial Aníbal Pinto S.A, Concepción, Chile.

- Hempel, R; Poblete, C, "Cerchas" Cuaderno N°10, Universidad del Bío-Bío, Editorial Aníbal Pinto S.A, Concepción, Chile.

- Mac Donnell, H; Mac Donnell, H.P, "Manual de Construcción Industrializada", Revista Vivienda SRL, Buenos Aires, Argentina, 1999.

- Millar, J; "Casas de Madera", 1° Edición, Editorial Blume, Barcelona, España, 1998.

- Neufert, E; "Arte de Proyectar en Arquitectura", 14° Edición, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.

- Lewis, G; Vogt, F, "Carpentry", 3° Edición, Delmar Thomson Learning, Inc., Nueva York, EE.UU., 2001.

- Primiano, J; "Curso Práctico de Edificación con Madera", Editorial Construcciones Sudamericanas, Buenos Aires, Argentina, 1998.

- Simpson Strong-Tie Company, Inc., "Catálogo de Conectores Metálicos Estructurales", 2000.

- Spence, W; "Residencial Framing", Sterling Publishing Company, Inc., Nueva York, EE.UU., 1993.

- Stungo, N; "Arquitectura en Madera", Editorial Naturart S.A Blume, Barcelona, España, 1999.

- Thallon, R; "Graphic Guide to Frame Construction Details for Builder and Designers", The Taunton Press, Canadá, 1991.

- Villasuso, B; "La Madera en la Arquitectura", Editorial "El Ateneo" Pedro García S.A, Buenos Aires, Argentina, 1997.

- Wagner, J; "House Framing", Creative Homeowner, Nueva Jersey, EE.UU., 1998.

- www.canadianrockport.com(Canadian Rockport Homes Ltd.).

- www.corma.cl (Corporación Chilena de la Madera).

- www.citw.org (Canadian Institute of Treated Wood).

- www.durable-wood.com (Wood Durability Web Site).

- www.douglashomes.com (Douglas Homes).

- www.forintek.ca (Forintek Canada Corp.).

- www.fpl.fs.fed.us (Forest Products Laboratory U.S. Department of Agriculture Forest Service).

- www.lsuagcenter.com (Anatomía y física de la madera).

- www.inn.cl (Instituto Nacional de Normalización).

- www.lpchile.cl (Louisiana Pacific Ltda.).

- www.minvu.cl (Ministerio de Vivienda y Urbanismo).

- www.pestworld.org(National Pest Management Association).

- NCh 173 Of.74 Madera – Terminología General.

- NCh 177 Of.73 Madera - Planchas de fibras de madera. Especificaciones.

- NCh 178 Of.79 Madera aserrada de pino insigne clasificación por aspecto.

- NCh 724 Of.79 Paneles a base de madera. Tableros. Vocabulario.
- NCh 789/1 Of.87 Maderas – Parte 1: Clasificación de maderas comerciales por su durabilidad natural.
- NCh 992 E Of.74 Madera - Defectos a considerar en la clasificación, terminología y métodos de medición.
- NCh 993 Of.72 Madera- Procedimiento y criterios de evaluación para clasificación.
- NCh 1198 Of.91 Madera – Construcciones en madera – Cálculo.
- NCh 1207 Of.90 Pino Radiata - Clasificación visual para uso estructural - Especificaciones de los grados de calidad.
- NCh 1970/2 Of.88 Maderas Parte 2: Especies coníferas – Clasificación visual para uso estructural- Especificaciones de los grados de calidad.
- NCh 1989 Of.86 Mod.1988 Madera – Agrupamiento de especies madereras según su resistencia.
- NCh 1990 Of.86 Madera – Tensiones admisibles para madera estructural.
- NCh 2824 Of 2003 Maderas – Pino – radiata – Unidades, dimensiones y tolerancias.


CORPORACION CHILENA DE LA MADERA
CORMA
CHILE PAIS FORESTAL

Unidad 12

ESCALERAS





Unidad 12

UNIDAD 12

ESCALERAS

12.1 GENERALIDADES

La escalera de una vivienda, en general, es la estructura utilizada para comunicar sus distintos niveles (**Figura 12 - 1a, b**). Conformada principalmente por una serie de escalones dispuestos en un plano inclinado, diseñados y estructurados convenientemente para dicho fin.

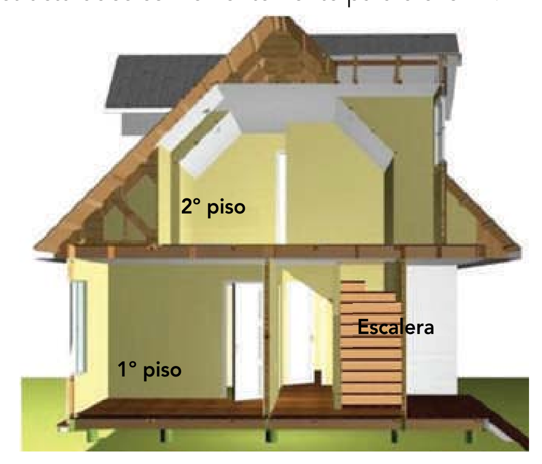


Figura 12 – 1a: Corte transversal de la vivienda tipo en que se observa la escalera que comunica ambos pisos de la misma.

En términos arquitectónicos, juega un rol importante en cuanto a su presentación, materialidad y estética. En algunos casos, su diseño es un referente importante de la decoración de la vivienda, condición que dependerá o será función de su valor comercial.



Figura 12 – 1b: Corte longitudinal de la vivienda tipo en que se observa el perfil de la escalera, establecido en el diseño arquitectónico y estructural de la vivienda.

Tanto la forma como sus dimensiones están relacionadas con la distribución espacial de la edificación. Como ejemplo, en el caso de la vivienda económica, el tamaño y ubicación de la escalera adquiere una importancia relevante para la distribución y optimización de los espacios.

En las **Figuras 12 - 2 a la 12-11** se presentan diferentes soluciones de escaleras para viviendas de dos pisos. La solución seleccionada dependerá fundamentalmente de la superficie disponible por diseño, y de las características espaciales del recinto en que se emplazará.

Por lo general, la escalera de una vivienda es proyectada en recintos de uso común, entre los que se puede mencionar:

- Sector hall de acceso
- Sector estar o living de la vivienda
- En pasillos de acceso y comunicación general

12.2 SOLUCIONES TÍPICAS DE ESCALERAS PARA VIVIENDAS DE DOS PISOS

A continuación se presentan las formas de escaleras de mayor uso en viviendas de dos pisos:

12.2.1 Escalera de tramo recto

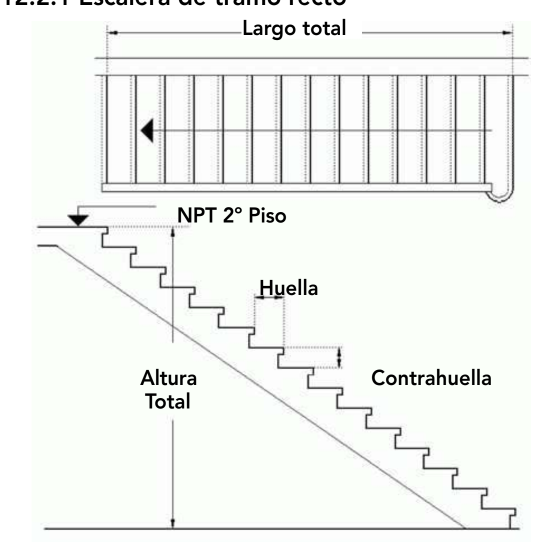


Figura 12 – 2: Planta y elevación de una escalera de tramo recto.

Esta es la alternativa que mayor longitud requiere para su proyección, respecto de la superficie útil de la vivienda. Sin embargo, es la alternativa más fácil de materializar, pero tiene la gran desventaja que en su proyección horizontal requiere un largo de escalera extenso, lo cual muchas veces no es factible de solucionar y ubicar en viviendas de reducida superficie útil.

12.2.2 Escalera de un tramo con arranque de un cuarto de vuelta y peldaños compensados

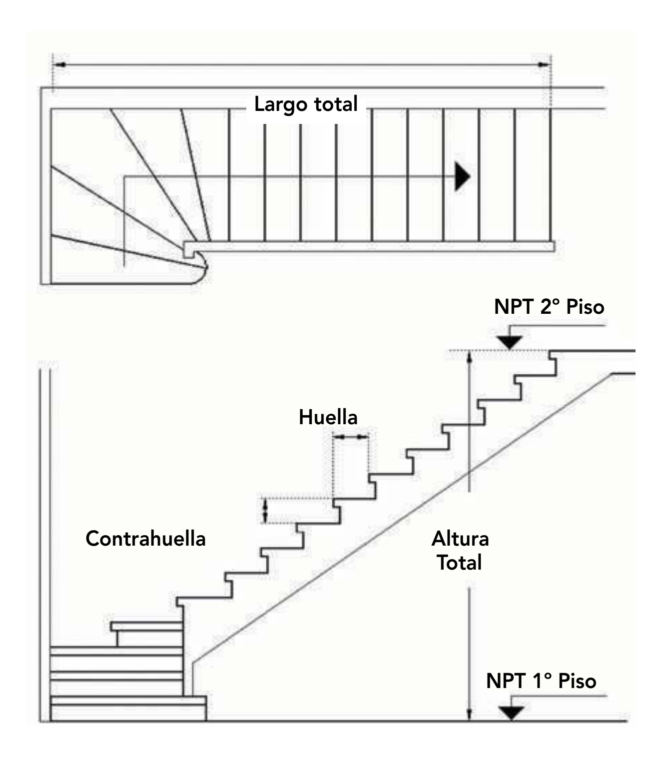


Figura 12 – 3: *Planta y elevación tipo de una escalera de un tramo con arranque de un cuarto de vuelta y peldaños compensados.*

Esta forma de escalera ofrece la ventaja de ocupar una menor superficie en su proyección horizontal.

12.2.3 Escalera de dos tramos en ángulo recto con descanso

Corresponde a la mejor alternativa para la proyección de escaleras en superficie y espacio reducido.

Si por requerimientos de superficie y espacio se necesita disminuir la longitud del segundo tramo de la escalera, es factible convertir el descanso de la misma en tres peldaños compensados, alternativa que se presenta en el punto 12.2.4.

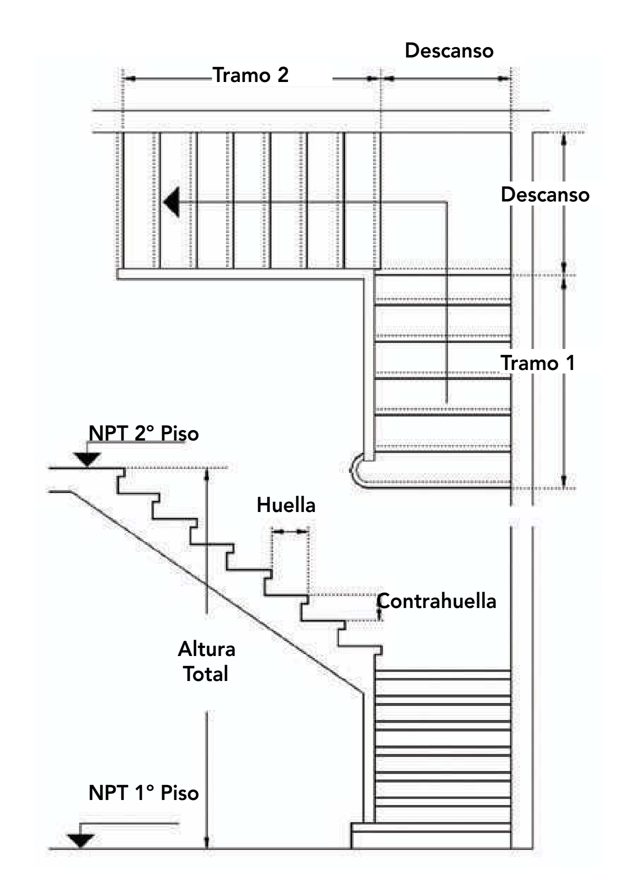


Figura 12 – 4: *Planta y elevación tipo de una escalera de dos tramos en ángulo recto con descanso.*

12.2.4 Escalera de dos tramos en ángulo recto con peldaños compensados

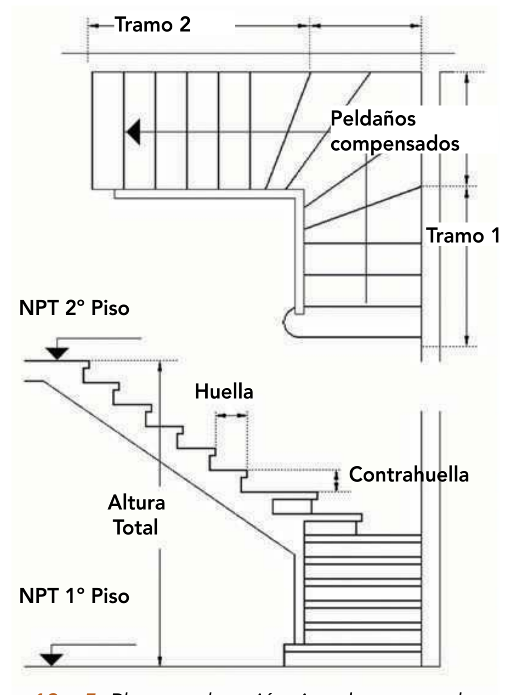


Figura 12 – 5: *Planta y elevación tipo de una escalera de dos tramos en ángulo recto con peldaños compensados.*



Esta alternativa es la de mayor eficiencia en cuanto al uso y aprovechamiento de la superficie útil requerida.

12.2.5 Escalera de dos tramos rectos con descanso de media vuelta

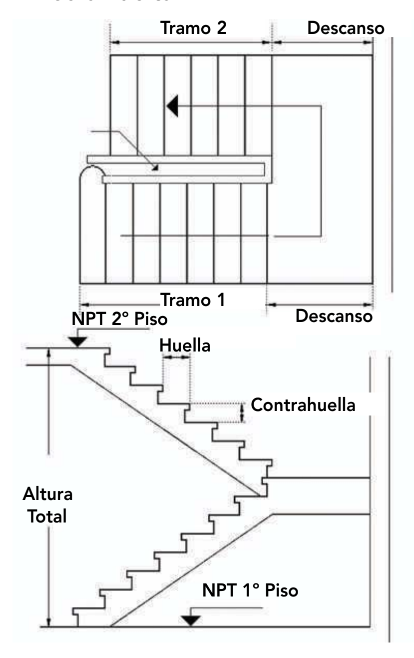


Figura 12 – 6: Planta y elevación tipo de una escalera de dos tramos rectos con descanso de media vuelta.

A continuación, se presentan en proyección isométrica, las soluciones más utilizadas de escaleras en viviendas de dos pisos:



Figura 12 – 7: Isométrica de escalera de tramo recto.

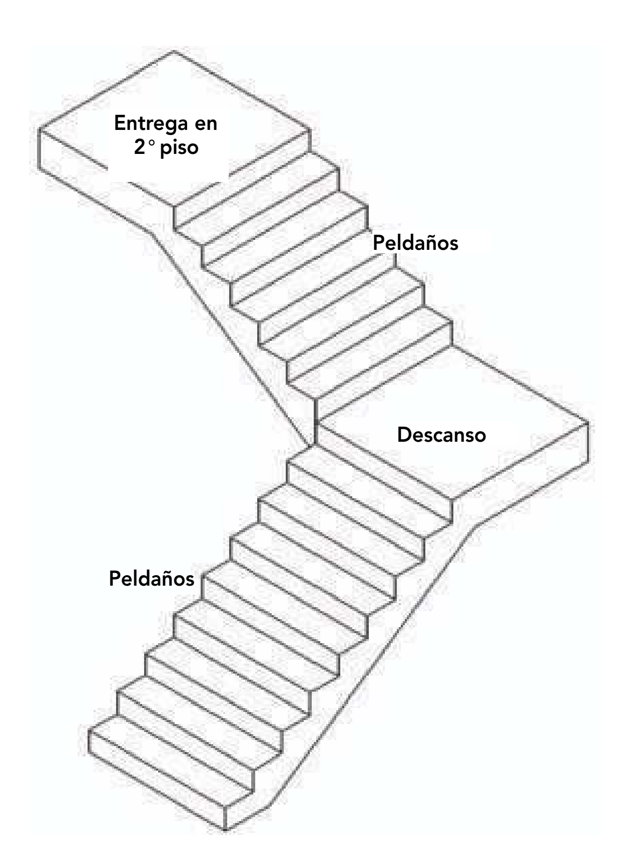


Figura 12 – 8: Isométrica de escalera de dos tramos en ángulo recto con descanso.

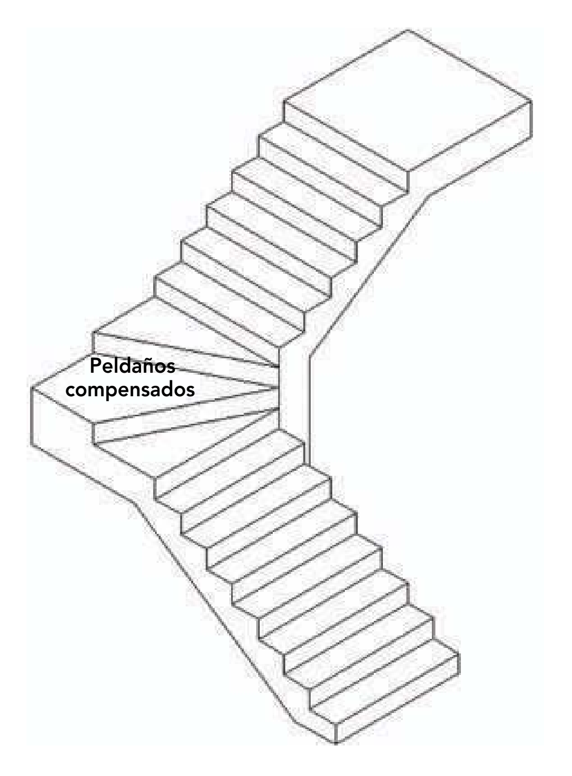


Figura 12 – 9: Isométrica de escalera de dos tramos en ángulo recto con peldaños compensados.

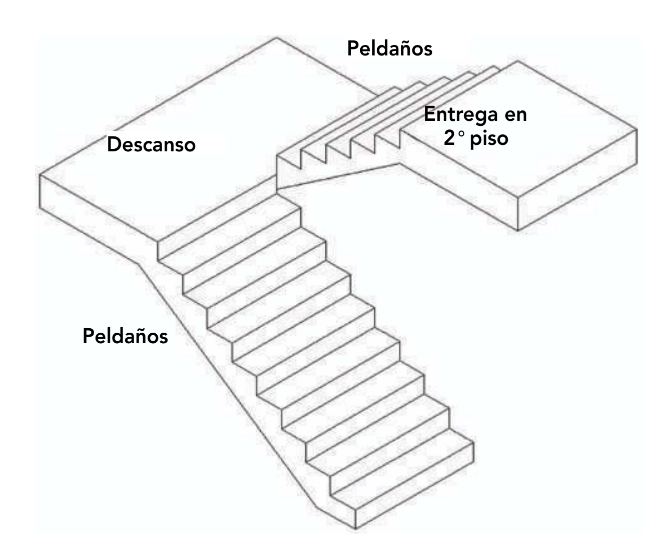


Figura 12 – 10: *Isométrica de escalera de 2 tramos con descanso de media vuelta.*

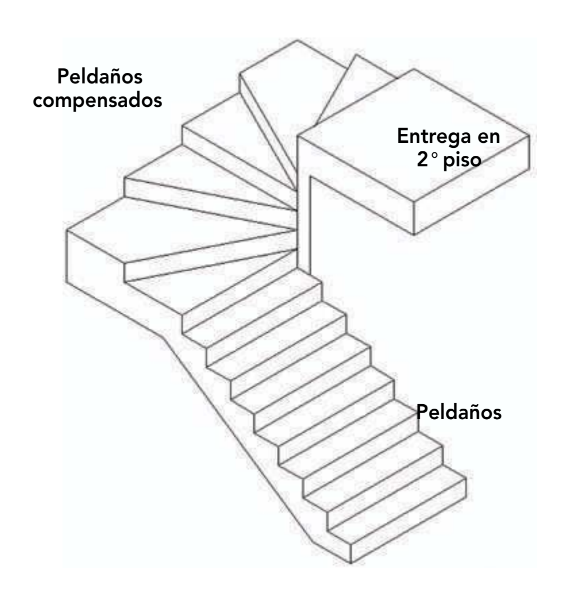


Figura 12 – 11: *Isométrica de escalera de un tramo con peldaños compensados de media vuelta.*

12.3 COMPONENTES QUE CONFORMAN UNA ESCALERA

Se estructuran en base a los siguientes componentes básicos:

12.3.1 Escalón o peldaño

Corresponde a cada uno de los sub-niveles o gradas que conforman la escalera, los cuales permiten acceder a uno o más recintos en un nivel superior o inferior de la vivienda Figura 12-12 (un segundo piso o un subterráneo). Un escalón o peldaño puede ser según su ubicación:

- **Escalón o peldaño de arranque**
  Es el peldaño de inicio de la escalera. La sección de larguero o zanca que recibe esta primera grada o escalón, debe ser anclada convenientemente, ya sea a la plataforma de hormigón o de estructura de madera (Figura 12-12).

- **Escalón o peldaño de entrega**
  Corresponde al peldaño de llegada en una escalera. Al igual que el peldaño de arranque, el larguero en esta zona debe estar convenientemente anclado a la estructura de entrepiso o descanso, según corresponda (Figura 12-12).

12.3.2 Huella

Componente horizontal de cada peldaño o escalón. Corresponde a la profundidad neta entre dos contrahuellas sucesivas. La huella de cada escalón puede estructurarse en madera aserrada 2 pulgadas de espesor como mínimo (41 mm), o bien en tablero contrachapado estructural, en un espesor mínimo de 18 mm. En general, cuando se utiliza este último, es porque la huella será revestida con algún otro tipo de pavimento de terminación, tal como alfombras o pisos de madera de espesor reducido (Figura 12-12).

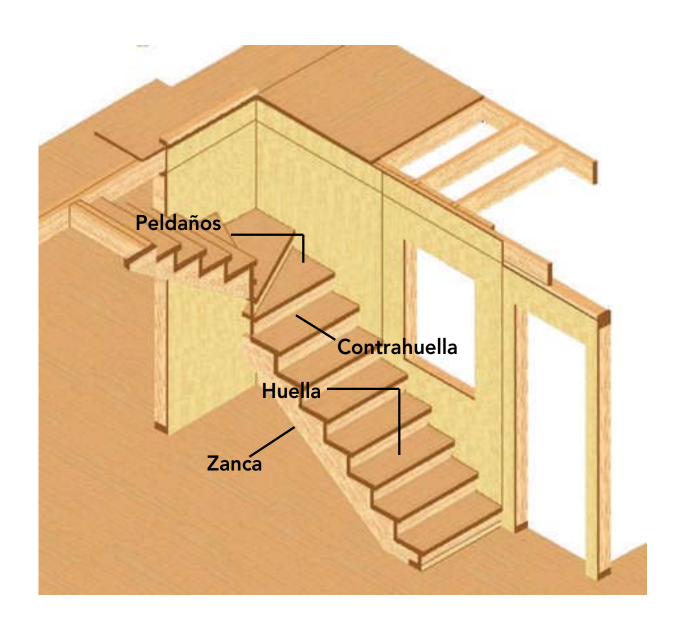


Figura 12 – 12: *Vista isométrica de los componentes de una escalera de madera.*

12.3.3 Contrahuella

Componente vertical de cada peldaño o escalón, corresponde a la altura neta entre dos huellas sucesivas (Figura 12 - 12). Al igual que la huella, puede ser especificado utilizando como componente de terminación algunos de los materiales anteriormente descritos, o la otra alternativa es que no se materialice la contrahuella, dejando el espacio libre.

La Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) establece que las dimensiones mínimas para ancho de escaleras, huella y contrahuella, son las siguientes:

- Ancho libre mínimo = 80 cm mínimo
- Fondo de huella en proyección horizontal = 28 cm libre
- Altura de contrahuella = 17 cm máximo

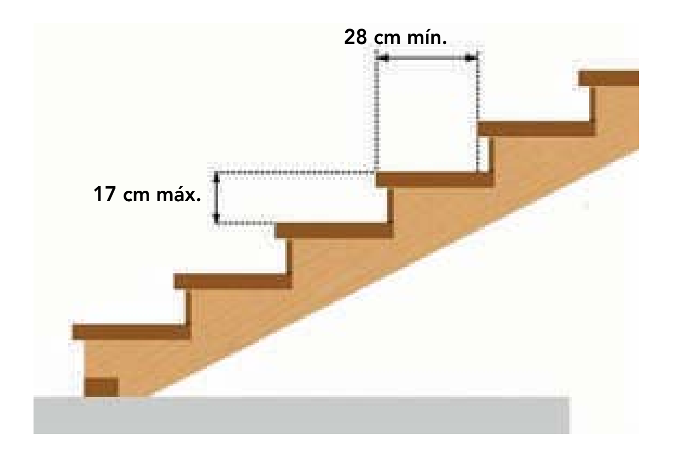


Figura 12 – 13: Dimensiones reglamentarias para escaleras de viviendas unifamiliares según OGUC.

12.3.4 Limón

También llamado larguero o zanca, corresponde a una o más vigas estructurales, en las cuales se apoyan las huellas y contrahuellas de la escala.

12.3.4.1 Limón a zanca abierta

También se le denomina limón, travesaño o zanca a la inglesa. En este caso, los bordes de huellas y contrahuellas se apoyan por encima de la viga que conforma el limón.

Este tipo de limón puede fabricarse en piezas de madera aserrada seca o cepillada de 2" x 8" ó 2" x 10". También pueden utilizarse, en algunos casos, vigas de madera laminada encolada, especialmente cuando por requerimientos estructurales o estéticos, debe aumentarse la sección del elemento a dimensiones mayores de espesor y ancho.

12.3.4.2 Limón a zanca cerrada

También se denomina zanca a la francesa. Corresponde al caso en que huella y contrahuella se fijan en forma lateral a las zancas.

Cuando las gradas de la escalera se apoyan lateralmente a los limones, es decir, en las paredes internas, pueden emplearse soportes metálicos en ángulo, especialmente diseñados para este tipo de fijación, y al mismo tiempo realizar un rebaje acanalado por la cara interna (no a la vista) de los largueros.

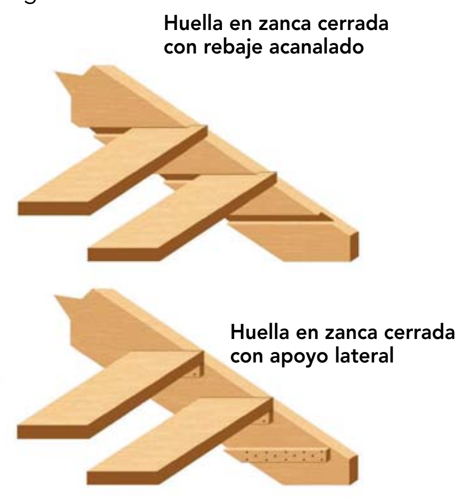


Figura 12 – 14: Tipos de apoyo para huellas con zanca cerrada.

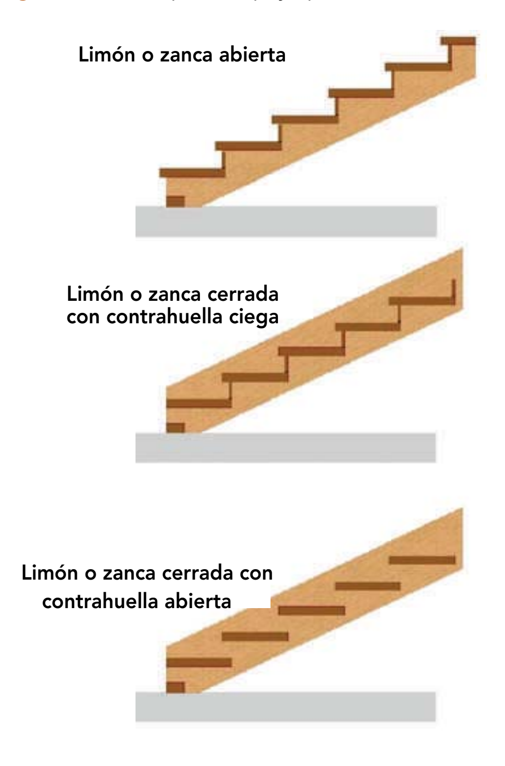


Figura 12 – 15: Zanca abierta y cerrada. Escalera con contrahuella ciega y abierta.

12.4 COMPONENTES DE SEGURIDAD

12.4.1 Barandas

La Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones establece que la altura mínima de barandas y pasamanos en escaleras es de 95 cm, medidos en vertical desde el borde de la huella hasta la cara superior de la baranda.

Por otra parte, la estructura de baranda debe ser proyectada y ejecutada necesariamente a partir de aquella huella cuya altura, medida desde el nivel de piso terminado adyacente, alcanza los 100 cm.

La baranda de una escalera puede ser resuelta de dos formas:

12.4.1.1 Baranda semitransparente

En este caso, las barandas de la escalera son resueltas por medio de perfiles y torneados de madera prefabricados para dicho fin (**Figura 12-16**).

- **Balaustres**
  Por lo general corresponden a piezas torneadas de madera (NCh 2100). Una de las características importantes en la distribución de los balaustres, es que el espacio libre de separación entre estas piezas no debe ser superior a 125 mm (OGUC).

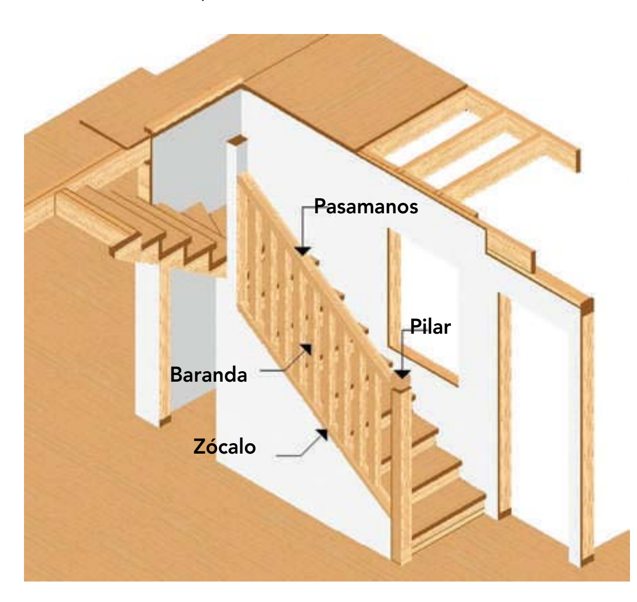


Figura 12 – 16: Baranda de escala de tipo semitransparente, conformada por pasamanos, zócalo y balaustres de madera.

- **Pasamanos**
  Perfil o pieza de madera u otro material, ubicado en la parte superior en la estructura de la baranda. Su forma debe permitir el apoyo confortable de la mano al subir o bajar por una escalera, como un componente auxiliar de seguridad (**Figura 12 – 16**).

- **Zócalo**
  Corresponde a la pieza de madera inferior de la baranda, en la cual descansan y se fijan inferiormente los balaustres.

En general, la fijación de los componentes de una baranda se realiza por medio de uniones atornilladas y encoladas. La cabeza de los tornillos se esconde en el interior de la madera, a través de rebajes de mayor diámetro.

La utilización de tarugos de madera, lijados a nivel de superficie, hace prácticamente imperceptible la ubicación de dichas fijaciones.

Un aspecto fundamental de seguridad, establecido en los requerimientos técnicos para barandas de escaleras en la OGUC es que el elemento debe resistir una carga lateral horizontal de a lo menos 50 kg/ml, en cualquier punto de su desarrollo.

12.4.1.2 Baranda ciega

Corresponde a aquella que se resuelve por medio de la prolongación, o armado independiente, de uno o más tabiques de apoyo en la estructura de escalera. Esta solución, al igual que la anterior, permite contar con un recinto cerrado bajo aquella (superficie útil), el cual puede ser destinado al almacenaje de artículos domésticos no inflamables.

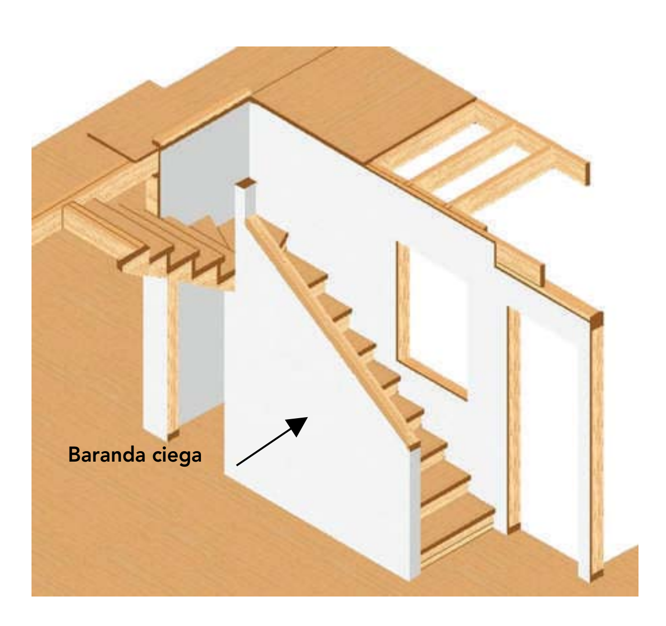


Figura 12 – 17: Baranda de escalera de tipo ciega, la cual se prolonga a partir del tabique de apoyo lateral.

La estructura de una baranda ciega puede conformarse con la prolongación de los pie derecho del tabique de apoyo, utilizando el mismo revestimiento especificado, para el resto de los elementos constructivos.

12.4.2 Herrajes y fijaciones

La escalera de una vivienda es un elemento constructivo sometido, a esfuerzos en forma constante y acumulativa, los que pueden provocar aflojamiento de las fijaciones y anclajes, por consiguiente producir peldaños que crujen; si estos no fueron especificados y utilizados adecuadamente para la situación particular de cualquiera de los componentes.

En términos generales, los componentes de escaleras deben fijarse utilizando conectores metálicos adecuados, tornillos y tirafondos. Las uniones clavadas deben evitarse, a menos que se trate de refuerzo para las uniones.

12.5 DISEÑO DE LA ESCALERA

12.5.1 Generalidades

En términos generales, las condiciones que debe cumplir el diseño de escaleras son:

- Proporcionar seguridad a los usuarios que transitan por ella.
- Resistir cargas significativas.
- Tener un adecuado comportamiento frente al fuego.
- Sus componentes deben permanecer afianzados y asegurados a través del tiempo.

12.5.2 Aspectos a considerar para el diseño

12.5.2.1 Emplazamiento de la escalera

El emplazamiento de la escalera y su proyección en altura, no debe entorpecer u obstaculizar la ubicación de vanos de puertas, ventanas, pasillos de circulación, alturas mínimas de piso a cielo o anchos de recintos adyacentes, entre otros.

En caso de que la estructura de la escalera sobresalga por debajo del plano de cielo raso, éste no debe representar peligro de golpes o lesiones para quienes transitan bajo dicho elemento. Cuando se produce tal situación, por lo general se debe a un diseño inadecuado del espacio utilizado, que afecta a las extensiones de la escalera (Figura 12 - 18).



Figura 12 – 18: Se debe verificar la altura libre del pasillo en el sector medio, cuando la estructura de la escalera compromete la totalidad o parte del cielo raso del recinto.

12.5.2.2 Altura total de la escalera

Consiste en establecer la distancia vertical entre el piso terminado de inicio de la escalera, y el piso terminado de llegada de la misma, es decir, la diferencia de alturas de piso terminado, en los niveles que se conectan (Figura 12 - 19).

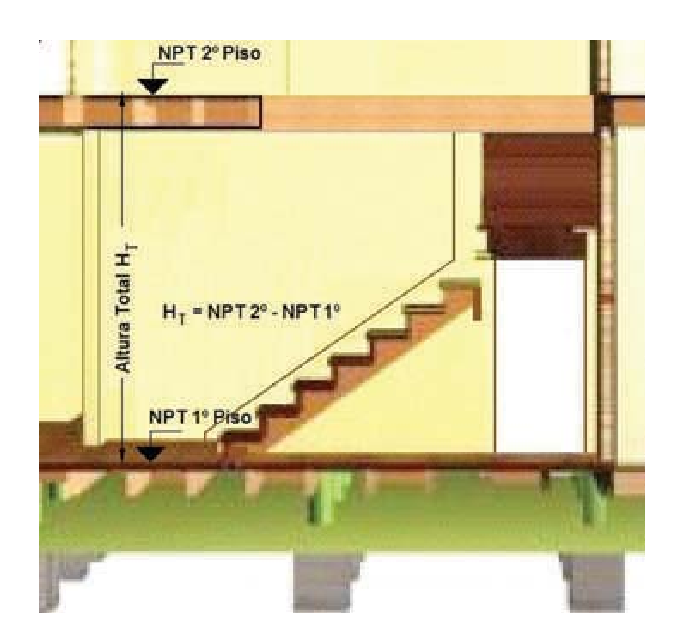


Figura 12 – 19: Altura total de la escalera considerada entre niveles de piso terminado entre ambos pisos de la vivienda.

Se debe tener presente que la construcción o montaje de la escalera se realiza en etapa de obra gruesa, por lo tanto, en el diseño de la misma, la influencia que en dicha altura tienen los afinados con mortero en radier u hormigón liviano sobre plataforma de madera, pueden inducir a errores de distribución de las alturas parciales de huellas y contrahuellas.

Por esta razón, es recomendable chequear al momento del replanteo de la escalera y subdivisión de avance y altura de cada peldaño, considerando primero su distribución en obra terminada, para luego descomponer las partes y piezas de la estructura, descontando la proyección y espesores respectivos de los componentes de terminación.

12.5.2.3 Largo total de la escalera

Corresponde a la proyección que cubre la escalera entre el piso terminado de arranque y el piso terminado de entrega (Figura 12 - 20a,b). También puede referirse a la longitud total horizontal que cubre un tramo de la escalera.

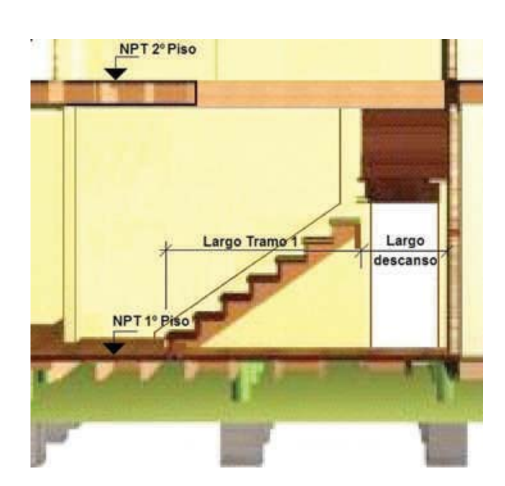


Figura 12 – 20a: Largo total de la escalera tramo 1.

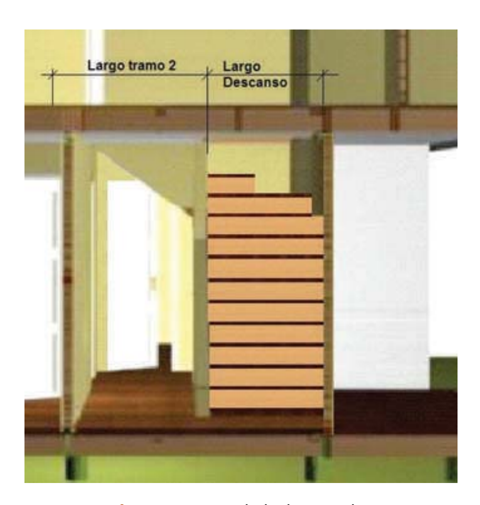


Figura 12 - 20b: Largo total de la escalera tramo 2.

12.5.2.4 Altura libre huella-cielo

La altura libre entre la huella de una grada o peldaño y el cielo raso inmediatamente superior (sea éste horizontal o inclinado), debe ser igual o superior a 205 cm. Esto último, también es válido para el borde superior de la caja de escalera al inicio de la misma (Figura 12 - 21).

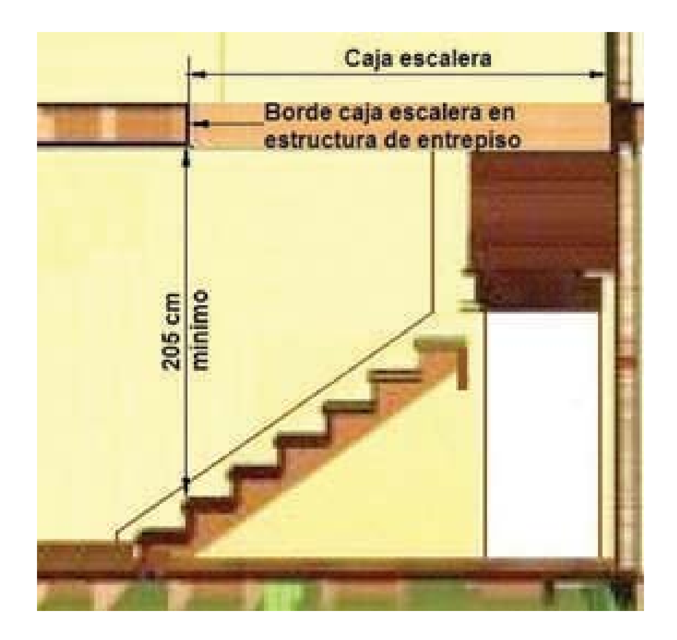


Figura 12 – 21: Altura libre vertical mínima entre huella y cielo raso. También puede considerarse todo elemento superior sobre la cabeza de quien sube o baja por la escalera.

12.5.2.5 Uniformidad dimensional de los peldaños

Las dimensiones terminadas de altura y profundidad de huellas y contrahuellas deben ser uniformes en todos y cada uno de los peldaños, siempre que se trate de tramos rectos. El cumplimiento de este requisito es fundamental para las condiciones de seguridad y comodidad de una escalera.

12.5.2.6 Determinación de la cantidad de peldaños

La cantidad mínima de peldaños puede determinarse dividiendo la altura total por la cantidad de peldaños que se desea incorporar al o a los tramos de la misma, verificando eso sí, que la altura final entre huellas consecutivas no sea superior a 17 cm.

En general, se recomienda para viviendas de madera con altura de piso a cielo no superior a 240 cm que la cantidad máxima de escalones no exceda de 15.

La cantidad total de escalones o peldaños sucesivos que conforman una escalera se denomina "tramo" o "tiro".

En el siguiente cuadro se presentan las dimensiones de relación huella/contrahuella recomendadas para escaleras cómodas y seguras.

Fondo o huella (cm)	Alto o contrahuella (cm)
37	13
36	13,5
35	14
34	14,5
33	15
32	15,5
31	16
30	16,5
28 mínimo	17 máximo

Tabla 12 - 1 : Dimensiones de relación huella y contrahuella en una escalera.

12.6 CONSTRUCCIÓN DE LA ESCALERA

12.6.1 Generalidades

Uno de los principales aspectos geométricos que se deben considerar antes de ejecutar el replanteo de la escalera es verificar los siguientes elementos:

- Geometría del espacio donde se desarrollará la escalera
- Altura total
- Largo total
- Dimensiones de la escotilla del entrepiso
- Ancho libre de la escalera, considerando los revestimientos especificados

12.6.2 Replanteo de la escalera

Verificados los puntos antes expuestos, se puede dar inicio al replanteo en forma segura.

Montados los tabiques de la estructura que conforman el o los costados de la escalera en obra gruesa (Figura 12 - 22), se debe realizar el trazado y replanteo de las líneas que determinan el ancho, arranque y llegada de la escalera.



Figura 12 – 22: Tabiques de la estructura vistos desde el interior de la vivienda, en los cuales se apoyará la escalera.

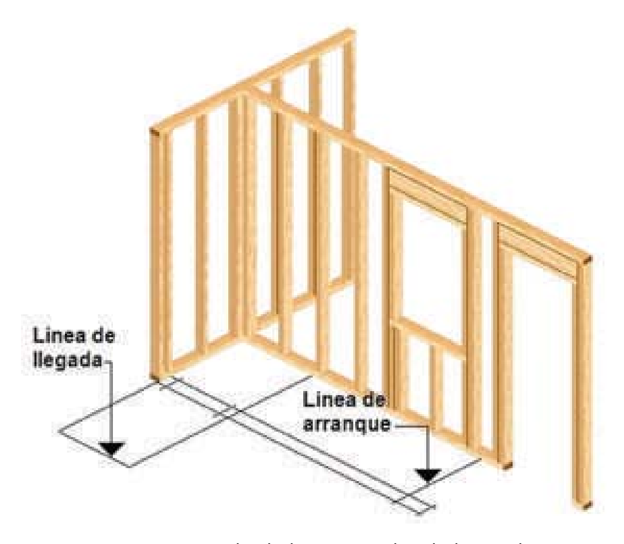


Figura 12 – 23: Trazado de largo y ancho de la escalera en proyección horizontal.

Trazado desde la línea de inicio de la contrahuella del primer peldaño. La ubicación de esta línea de referencia debe coincidir con la longitud total de la escalera, medida desde la contrahuella de la última grada (Figura 12 - 23).

12.6.3 Componentes auxiliares de fijación

- La altura de cada contrahuella debe ser establecida en valores parciales y acumulados, con respecto a un nivel de referencia (generalmente NPT o NMPT).



Figura 12 – 24: Trazado preliminar de las gradas y colocación de refuerzos auxiliares de madera en la estructura del tabique y a la plataforma base de piso.

- En esta primera etapa, se traza el perfil de la escalera en los muros de apoyo, con el objeto de fijar a la estructura de los tabiques y entre los pie derecho piezas auxiliares de madera para el anclaje y apoyo de las zancas (Figuras 12 - 24 y 25).

- Estos componentes auxiliares también tienen por función ser una base de apoyo de los revestimientos especificados, como por ejemplo, placas de yeso-cartón, fibrocemento e incluso tableros estructurales.



Figura 12 – 25: Colocación de componentes auxiliares para la fijación de los revestimientos y el anclaje de las zancas a la plataforma horizontal.

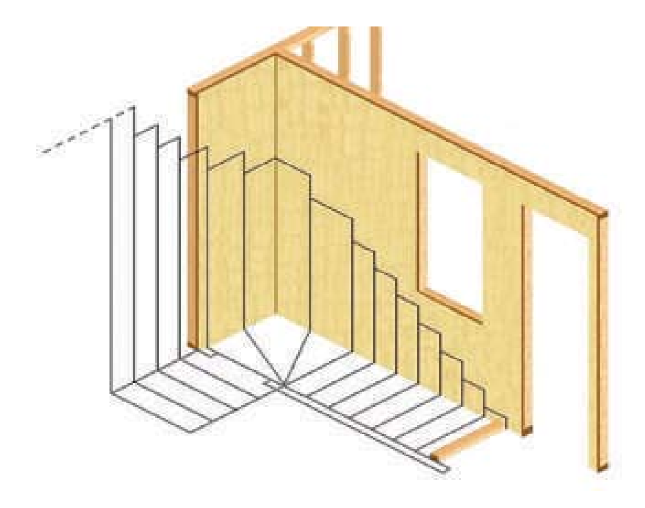


Figura 12 – 26: Trazado de la proyección horizontal y vertical de la escalera y ubicación de la pieza de anclaje (madera o conector metálico), para la fijación de apoyo de los largueros.

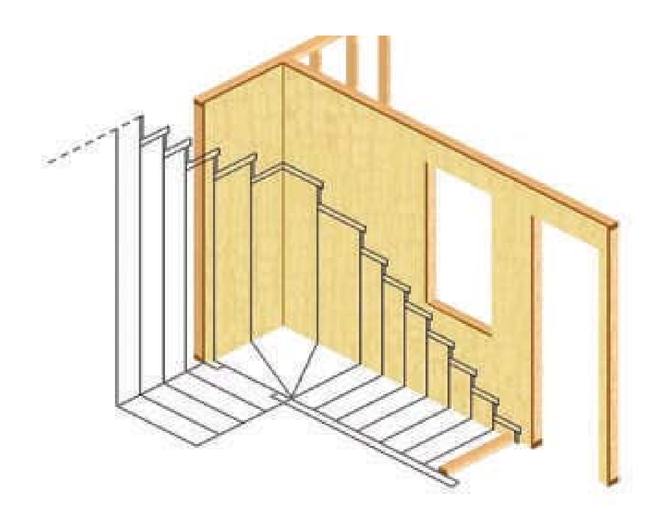


Figura 12 – 27: Trazado de la proyección horizontal y vertical de huellas y contrahuellas de la escalera.

- Una vez colocadas la totalidad de estas piezas auxiliares, los paramentos interiores de los tabiques de apoyo deben ser revestidos con tablero contrachapado u OSB, en un espesor mínimo de 9 mm (Figuras 12 - 26 y 27).

- Sobre el paramento revestido, se procede nuevamente a trazar en forma definitiva el perfil de la escalera (Figuras 12 - 26 y 27).

- Se procede a descontar los espesores de huella y contrahuella en cada escalón o peldaño (Figuras 12 - 26 y 27). El perfil obtenido corresponde a la forma de las zancas de la escalera que servirán de apoyo a los componentes de terminación, es decir, huellas y contrahuellas en madera cepillada o en contrachapado estructural, (este último caso para la posterior colocación de alfombra u otro tipo de pavimento similar).

- Las zancas o largueros deben ser confeccionados con piezas de madera seca en cámara, idealmente con un contenido de humedad inferior al 15 %.

12.6.4 Anclaje inferior y superior de las zancas

- En el extremo inferior de la escalera, conformado por los largueros y la plataforma base de piso (hormigón o madera), debe anclarse una pieza de madera o conectores metálicos que cumplan la función de evitar el deslizamiento de los largueros, debido al empuje producido por la acción de las cargas actuantes (Figuras 12 – 25 a la 28).

Si el anclaje de la pieza de madera se realiza sobre radier de hormigón, la madera debe ser impregnada con sales de CCA y ser colocada sobre una doble lámina de material aislante (por ejemplo, fieltro asfáltico de 15 lb).

- En el extremo superior de la escalera, conformado por los largueros (limones) y la plataforma de entrepiso, debe fijarse también una pieza de madera o conectores metálicos que complementen el apoyo de la estructura en el tramo de entrega.

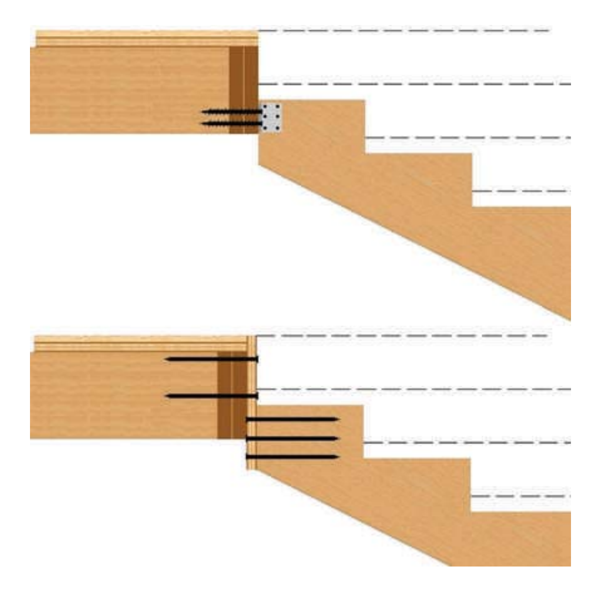


Figura 12 – 28: Anclaje superior de la zanca a la estructura de entrepiso por medio de conectores metálicos o unión clavada con contrachapado.



Figura 12 – 29: Con el trazado, fabricación y fijación de las zancas o largueros, sólo resta la fabricación, ajuste y colocación de huellas y contrahuellas.

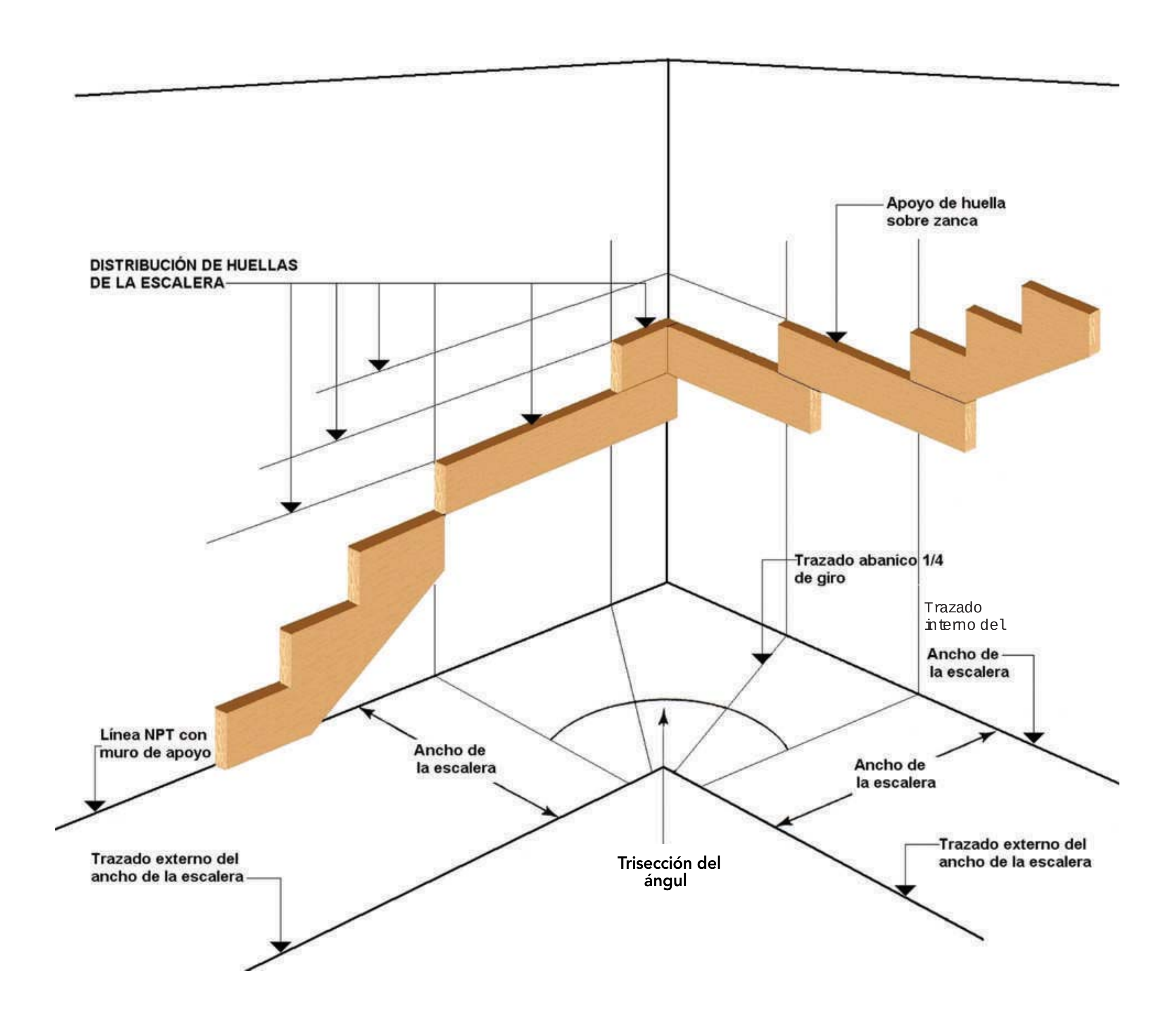


Figura 12 – 30: Trazado y colocación de zancas y piezas auxiliares de apoyo para huellas y contrahuellas de la escalera.



Figura 12 – 31: Esquema general de la estructuración de una escalera en la cual se incluyen los componentes auxiliares en los tabiques para la fijación de las zancas y posteriormente los revestimientos.

12.6.5 Fabricación y colocación de huellas y contrahuellas

- Cuando se especifica que las huellas de la escalera sean resueltas en madera cepillada, debe utilizarse un espesor mínimo de 41 mm (piezas de 2" x 10" encoladas de canto). Además, la luz máxima entre-zancas, que corresponde a los apoyos de cada huella, no debe exceder de 60 cm.



Figura 12 – 32: Encolado de piezas de madera para el armado de las huellas de una escalera.

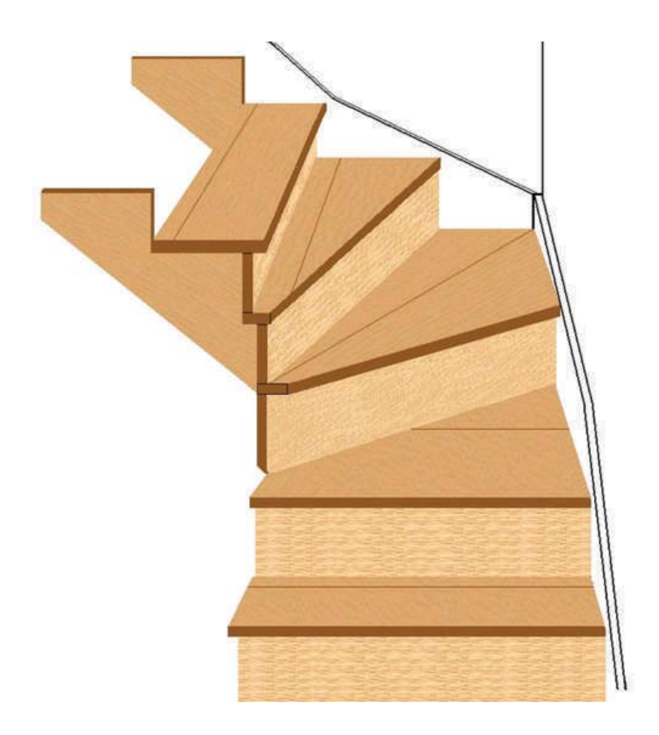


Figura 12 – 33: Ejemplo de huellas encoladas de tipo recto y diagonal en zona de abanico.

- En el caso de las contrahuellas puede especificarse madera cepillada de 19 mm de espesor.

- Cuando la terminación de la escalera corresponde a alfombra o a algún otro tipo de pavimento de espesor no mayor a 10 mm, la huella y contrahuella, que en este caso pasan a ser base de pavimento, pueden ser conformadas con tablero contrachapado de 18 mm de espesor mínimo y será necesario incorporar, aparte de un limón o travesaño central, piezas de 2" x 3" que actúen como apoyo de borde en cada huella.

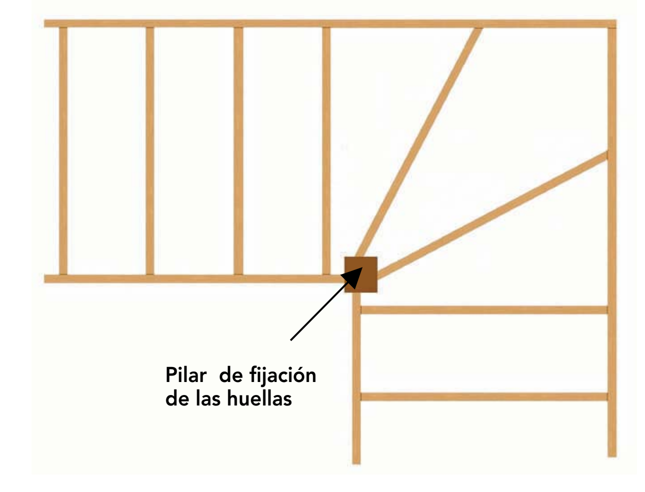


Figura 12 – 34: Piezas de madera fijadas entre zancas para el apoyo y fijación de huellas y contrahuellas.

- Una vez colocadas la totalidad de huellas y contrahuellas, se debe verificar que la estructura completa se encuentre convenientemente apoyada a sus tabiques laterales, tal como puede observarse en las Figuras 12 - 35.

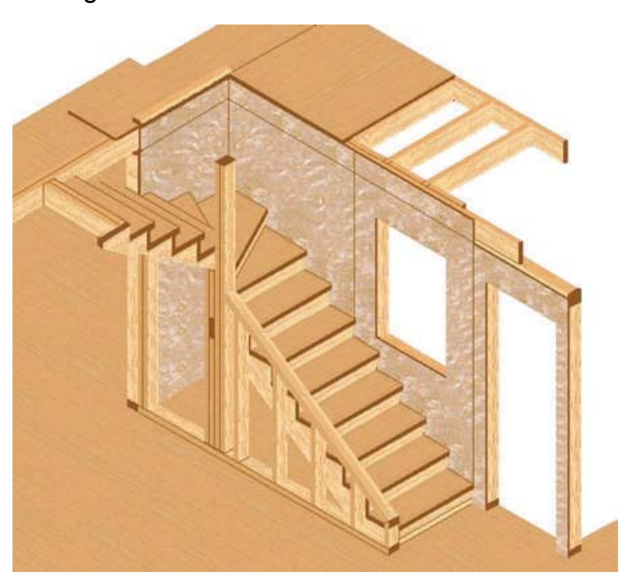


Figura 12 – 35: Se presenta la ubicación del tabique lateral de apoyo y fijación de la estructura de la escalera. Bajo el 2° tramo o tiro, se puede observar un vano de puerta que dará lugar a un clóset bajo la escalera.

12.6.6 Fijación de otros componentes

Se debe tener la precaución de realizar la fijación de la baranda de la escalera en la etapa de estructuración de la misma. Como se puede observar en las Figuras 12 - 36 y 37, los pilarejos de la baranda deben anclarse convenientemente a su base y a la estructura de la escalera de modo de otorgar seguridad a los usuarios de la vivienda.

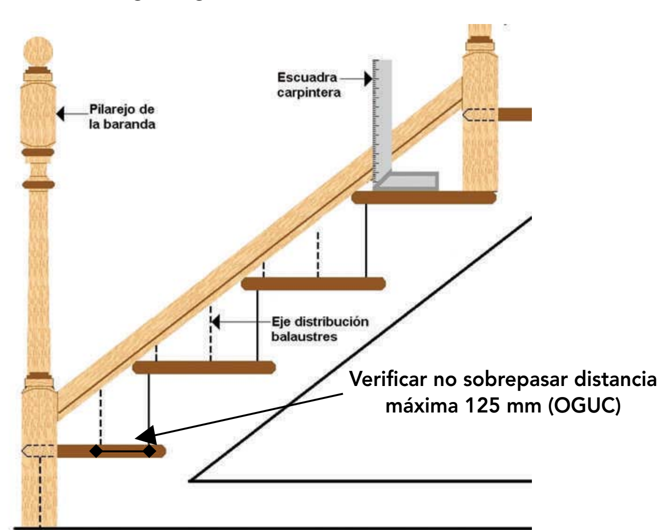


Figura 12 – 36: Armado de la baranda de la escalera. Se puede observar la colocación de los pilarejos y la presentación y forma de atraque del zócalo.

Mediante líneas marcadas en las gradas ejecutadas en sentido horizontal y que representan la distribución uniforme de los balaustres, se realizan las perforaciones en el zócalo para la colocación de dichos componentes de la baranda.

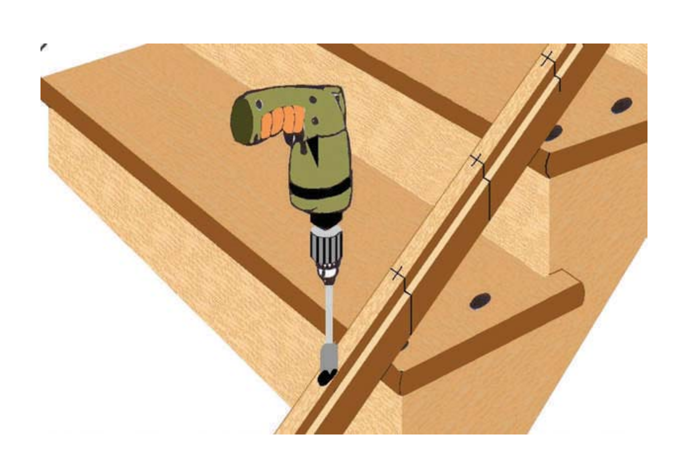


Figura 12 – 37: Perforaciones para la colocación y fijación de balaustres.

En términos generales, la baranda de una escalera es el principal elemento de seguridad durante el avance o tránsito por ella. Por lo tanto, la ejecución de este componente se debe realizar con materiales adecuados, sobre todo en lo que se refiere a la calidad de la madera, tipo, número de fijaciones y anclajes utilizados.

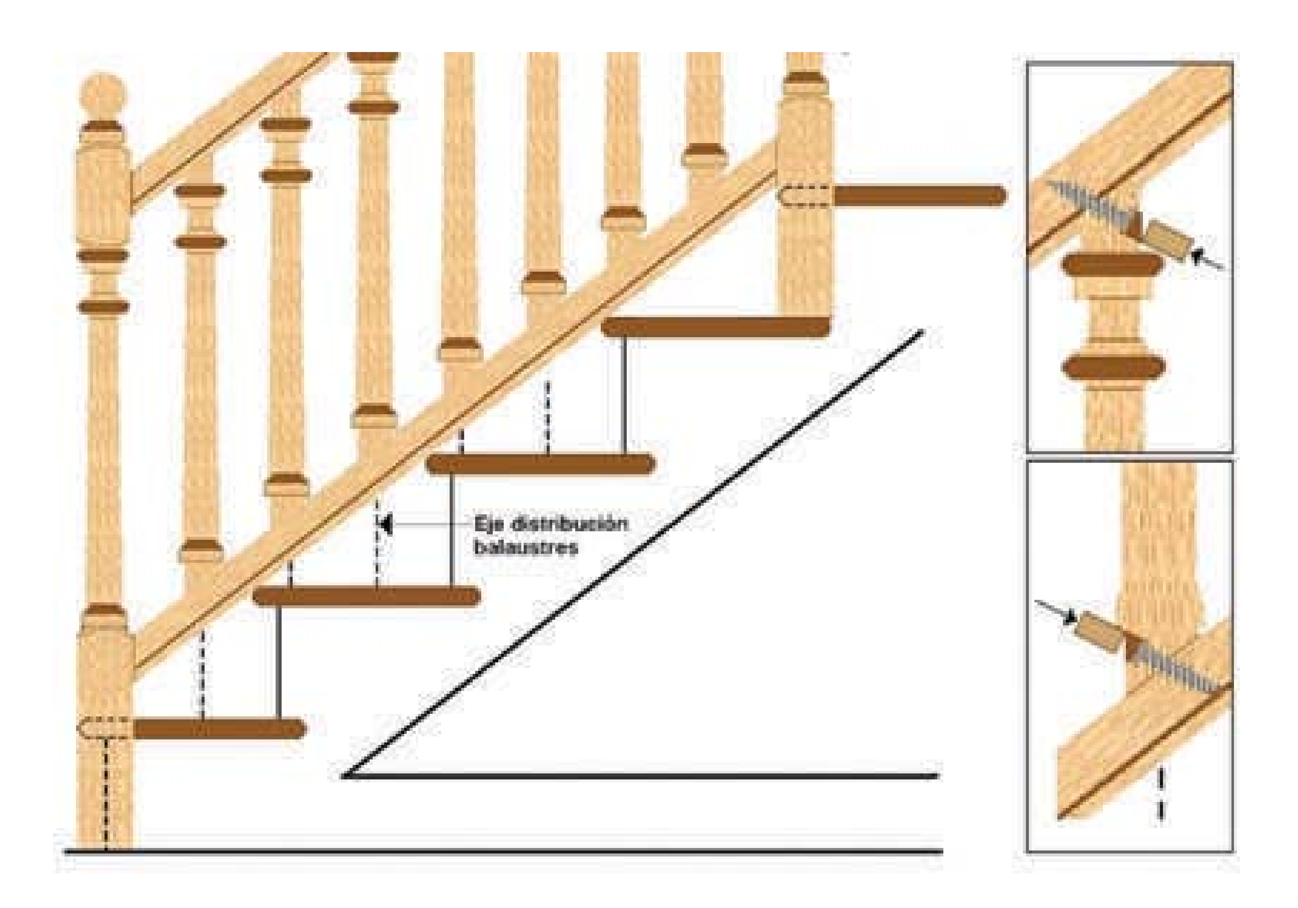


Figura 12 – 38: Fijación de balaustres y baranda mediante tornillos.

BIBLIOGRAFIA

- American Plywood Association, "Wood Reference Handbook", Canadian Wood Council, Canadá, 1986.
- Branz, "House Building Guide", Nueva Zelanda, 1998.
- Canada Mortgage and Housing Corporation, CMHC, "Manual de Construcción de Viviendas con Armadura de Madera – Canadá", Publicado por CMHC, Canadá, 1998.
- D.F.L. N° 458 y D.S N° 47 Ley y Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU)
- Echeñique, R; Robles, F, "Estructuras de Madera", Editorial Limusa, Grupo Noriega editores, México, 1991.
- Espinoza, M; Mancinelli, C, "Evaluación, Diseño y Montaje de Entramados Prefabricados Industrializados para la Construcción de Viviendas", INFOR, Concepción, Chile, 2000.
- Goring, L.J; Fioc, LCG, "First-Fixing Carpentry Manual", Longman Group Limited, Inglaterra, 1983.
- Guzmán, E; "Curso Elemental de Edificación", 2° Edición, Publicación de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, Santiago, Chile, 1990.
- Hanono, M; "Construcción en Madera", CIMA Producciones Gráficas y Editoriales, Río Negro, Argentina, 2001.
- Heene, A; Schmitt, H, "Tratado de Construcción", 7° Edición Ampliada, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.
- Lewis, G; Vogt, F, "Carpentry", 3° Edición, Delmar Thomson Learning, Inc., Nueva York, EE.UU., 2001.
- Mac Donnell, H; Mac Donnell, H.P, "Manual de Construcción Industrializada", Revista Vivienda SRL, Buenos Aires, Argentina, 1999.
- Millar, J; "Casas de Madera", 1° Edición, Editorial Blume, Barcelona, España, 1998.
- Neufert, E; "Arte de Proyectar en Arquitectura", 14° Edición, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.
- Primiano, J; "Curso Práctico de Edificación con Madera", Editorial Construcciones Sudamericanas, Buenos Aires, Argentina, 1998.
- Simpson Strong-Tie Company, Inc., "Catálogo de Conectores Metálicos Estructurales", 2000.
- Spence, W; "Residencial Framing", Sterling Publishing Company, Inc., Nueva York, EE.UU., 1993.
- Stungo, N; "Arquitectura en Madera", Editorial Naturart S.A Blume, Barcelona, España, 1999.
- Thallon, R, "Graphic Guide to Frame Construction Details for Builder and Designers", The Taunton Press, Canadá, 1991.
- Villasuso, B, "La Madera en la Arquitectura", Editorial El Ateneo Pedro García S.A, Buenos Aires, Argentina, 1997.
- Wagner, J; "House Framing", Creative Homeowner, Nueva Jersey, EE.UU., 1998.
- www.inn.cl (Instituto Nacional de Normalización).
- www.durable-wood.com (Wood Durability Web Site).
- www.pestworld.org (National Pest Management Association).
- www.citw.org (Canadian Institute of Treated Wood).
- www.fpl.fs.fed.us (Forest Products Laboratory U.S.Department of Agriculture Forest Service).
- www.forintek.ca (Forintek Canada Corp.).
- NCh 173 Of.74 Madera – Terminología General.
- NCh 174 Of.85 Maderas – Unidades empleadas, dimensiones nominales, tolerancias y especificaciones.
- NCh 176/1 Of. 1984 Madera – Parte 1: Determinación de humedad.
- NCh 178 Of.79 Madera aserrada de pino insigne clasificación por aspecto.
- NCh 789/1 Of.87 Maderas – Parte 1: Clasificación de maderas comerciales por su durabilidad natural.
- NCh 992 E Of.74 Madera - Defectos a considerar en la clasificación, terminología y métodos de medición.

- NCh 993 Of.72 Madera- Procedimiento y criterios de evaluación para clasificación.

- NCh 1207 Of.90 Pino Radiata - Clasificación visual para uso estructural - Especificaciones de los grados de calidad.

- NCh 1970/2 Of.88 Maderas Parte 2: Especies coníferas – Clasificación visual para uso estructural- Especificaciones de los grados de calidad.

- NCh 1989 Of.86 Mod.1988 Madera – Agrupamiento de especies madereras según su resistencia. Procedimiento.

- NCh 1990 Of.86 Madera – Tensiones admisibles para madera estructural.

Capítulo III



Unidad 13

ASPECTOS DE HABITABILIDAD





Unidad 13

UNIDAD 13

ASPECTOS DE HABITABILIDAD

13.1 INTRODUCCIÓN

El término habitabilidad es definido por la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) en el Título 4 de la Arquitectura Capítulo 1, como el concepto básico que debe cumplir todo local destinado a ser alojado y que se refiere a la calidad de los atributos que le permite a sus moradores (o usuarios) desarrollar su vida en condiciones de protección ambiental, salubridad, independencia y seguridad, razón suficiente para considerar la protección térmica y barreras que protejan de los agentes externos a la envolvente, como argumento clave para lograr un correcto comportamiento higrotérmico.

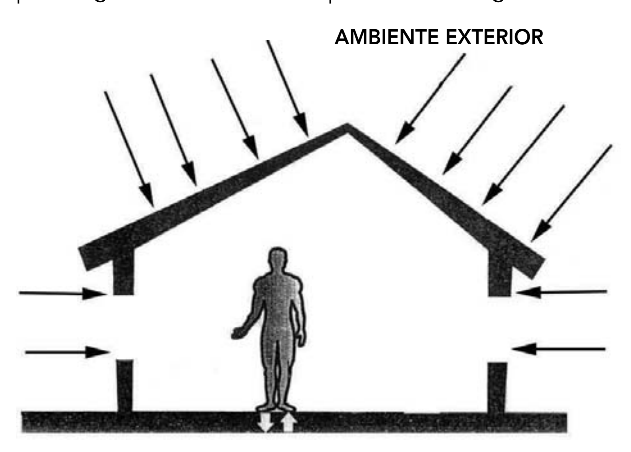


Figura 13 - 1: Diferentes agentes externos que conforman el ambiente exterior.

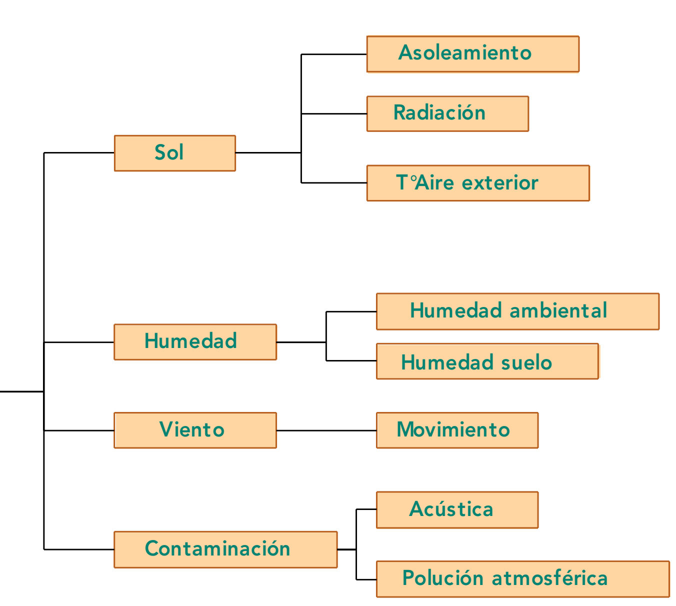
*(**Fuente:** Manual de Arquitectura Bioclimática. Guillermo E. Gonzalo)*

13.2 PROTECCIÓN AMBIENTAL

La protección ambiental está referida a los elementos constructivos y naturales que aíslan de los agentes agresivos del medio ambiente externo a la vivienda, tales como aleros, celosías fijas y móviles, árboles y jardineras, persianas y toldos, entre otros, capaces de modificar las condiciones de ambiente interior de la vivienda, logrando condiciones ambientales confortables para los usuarios.

13.2.1 Ambiente exterior

El ambiente exterior está referido a los factores climatológicos del lugar en el que se inserta la vivienda, los que llamaremos solicitaciones ambientales de una zona geográfica determinada (Esquema 13 - 1).



Esquema 13 - 1: Solicitaciones del ambiente exterior.

Estas solicitaciones afectarán directamente las condiciones de confort del ambiente interior, el que está definido como la combinación de temperatura del aire, la humedad relativa, la temperatura de los muros y el movimiento del aire con el que el ser humano expresa satisfacción.

Conceptualmente, la envolvente de una vivienda es una barrera o una separación entre un ambiente controlado (el interior de la vivienda) y otro que no lo está (el ambiente exterior), como se observa en la Figura 13 - 2.

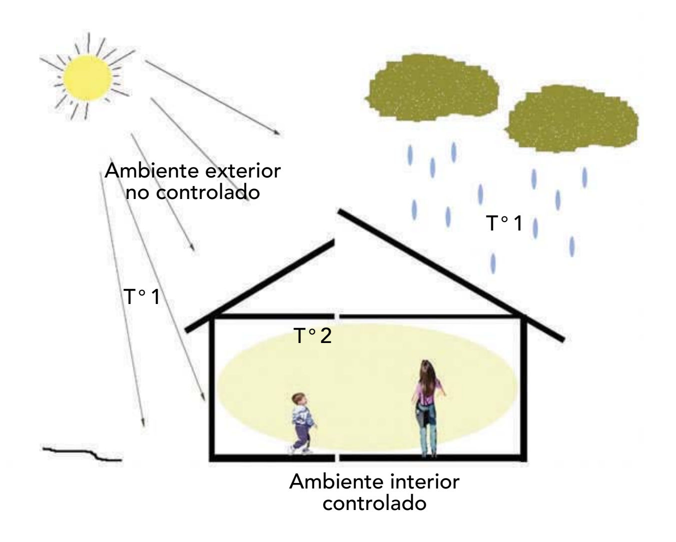


Figura 13 - 2: Ambiente interior controlado y ambiente exterior.

Se asume a la envolvente como una barrera imperfecta, de manera que el calor exterior no es del todo detenido por la envolvente de la vivienda. Es por esto que es necesario analizar la transferencia de calor que ocurre entre el ambiente interior y exterior de una vivienda.

13.2.1.1 Comportamiento de la vivienda frente a la acción de las radiaciones solares

En relación con el comportamiento de la vivienda frente a la acción de las radiaciones solares, se debe analizar en primer lugar la transmisión de calor a través de los materiales traslúcidos, los que permiten ganancias térmicas por su exposición a la radiación directa del sol, lo que también obliga a ciertos equilibrios entre ganancias solares y pérdidas de calor en período de invierno.

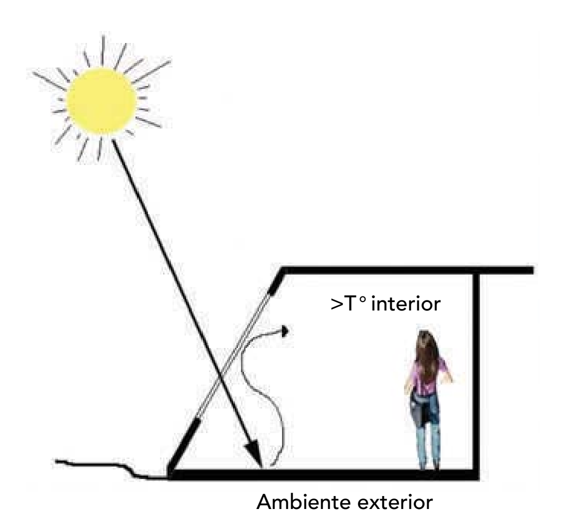


Figura 13 - 3: Aumento de temperatura al interior de un recinto, producto de la ganancia de calor por intermedio de la superficie vidriada.

La cuantía, importancia y calidad de esta ganancia de calor dependerá de:

- La orientación de las superficies transparentes o translúcidas





Figura 13 - 4: En la vivienda prototipo se aprecia la orientación de las zonas vidriadas.

UNIDAD 13
ASPECTOS DE HABITABILIDAD

- La presencia de protección natural o artificial



Figura 13 - 5: *Protección artificial del asoleamiento interior de una vivienda.*

Debemos considerar también la radiación que incide sobre las superficies opacas de la vivienda. Si éstas se ubican entre dos ambientes a diferentes temperaturas, se produce una transferencia de calor desde la cara caliente hacia la cara más fría. Esta transmisión se produce desde el aire interior (ambiente más caliente) hasta la cara interna del muro, para finalmente pasar desde la cara externa del muro (ambiente más frío) hasta el aire exterior.

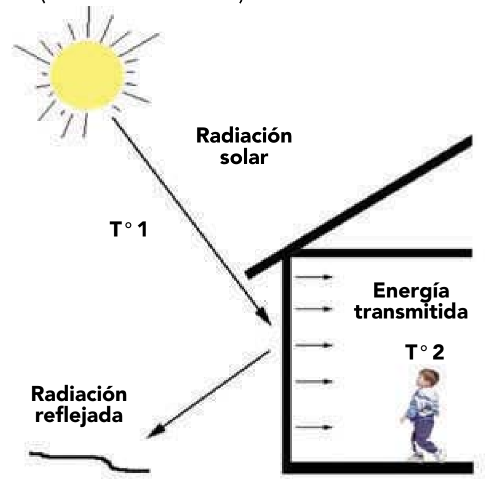


Figura 13 - 6: *Radiación reflejada y radiación trasmitida por la superficie de la envolvente de la vivienda.*

La radiación reflejada dependerá de las características superficiales del material. Un acabado superficial que refleje la radiación solar disminuirá el paso del flujo de calor a través de la envolvente de la vivienda. En este punto es altamente relevante el color superficial, además de la rugosidad del material que componga el revestimiento.

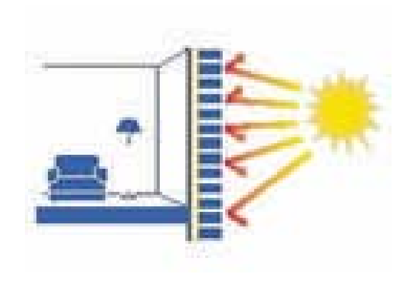


Figura 13 - 7: *Transferencia térmica al interior de la vivienda por intermedio de las superficies opacas de la vivienda (masa).*

Un concepto que es importante tener en cuenta para el comportamiento de la vivienda frente a las radiaciones solares es la inercia térmica.

La inercia térmica de una vivienda está asociada a la posibilidad de almacenar calor en sus componentes de construcción, pudiendo implicar efectos positivos para las condiciones de confort, tanto en períodos fríos como calurosos del año.

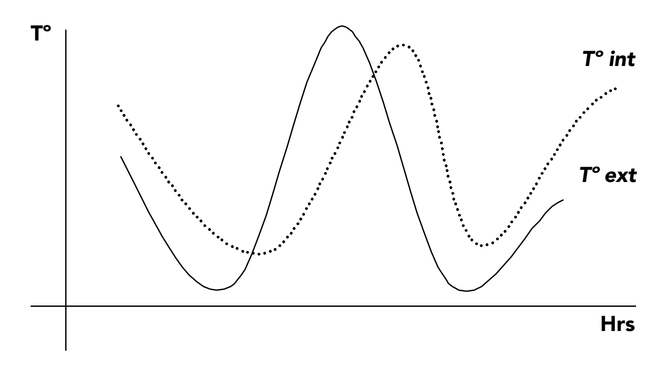


Gráfico 13 - 1: *Gráfico inercia baja de la vivienda.*

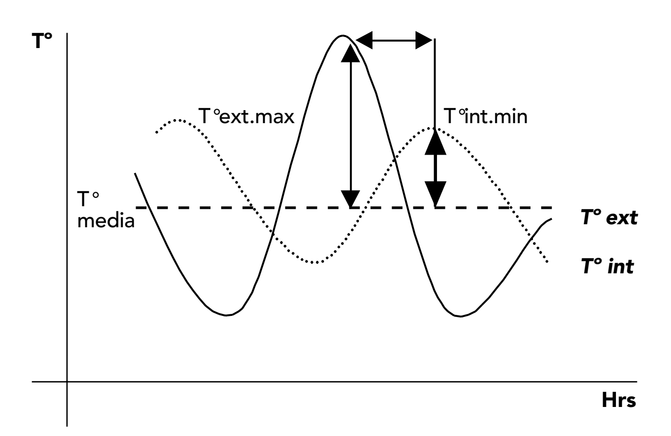


Gráfico 13 - 2: Gráfico inercia alta de la vivienda.

Entonces, un indicador importante de energía térmica constituyen las características reflectantes del material superficial del paramento o cubierta. La acumulación en los cerramientos de la energía térmica que no es reflejada comienza cuando la radiación solar se transforma en calor, al ser absorbida por las superficies. Así, parte de la energía que reciben las superficies es transmitida por conducción al interior y de esta forma, los cerramientos no constituyen una barrera para la energía térmica que esta radiación implica. Es necesario considerar, para efectos del comportamiento de la envolvente de una vivienda frente a las radiaciones solares, conceptos que definan las características térmicas de cada material como la resistencia térmica (R), entendida como el cuociente entre la conductividad térmica y su espesor.

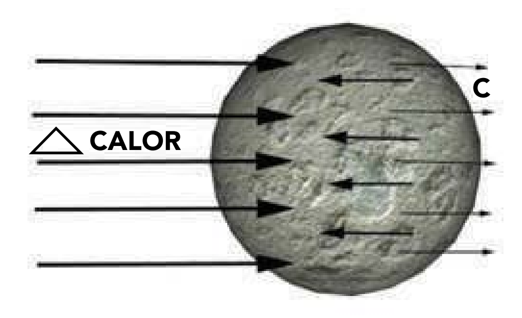


Figura 13 - 8 : Conductividad y resistencia térmica.

En consecuencia, los principales indicadores del comportamiento de los cerramientos de una vivienda, desde el punto de vista térmico, están dados por factores que se relacionan tanto con las características de los materiales, como con un diseño arquitectónico que considere las ventajas y desventajas de la exposición solar en las distintas estaciones del año.

13.2.2 Ambiente interior

El ambiente térmico interior es el producto de los procesos que ocurren entre el medio exterior y la envolvente de la vivienda. Se encuentra determinado por rangos térmicos fisiológicamente necesarios para la vida del ser humano y no sólo por la temperatura (Figura 13 - 9). De esta forma, se plantean exigencias que son abordadas en conjunto con las ciencias biológicas y que arrojan como resultado rangos de habitabilidad biológica, es decir, condiciones físicas en las que el ser humano puede desenvolverse sin que se deteriore su salud.

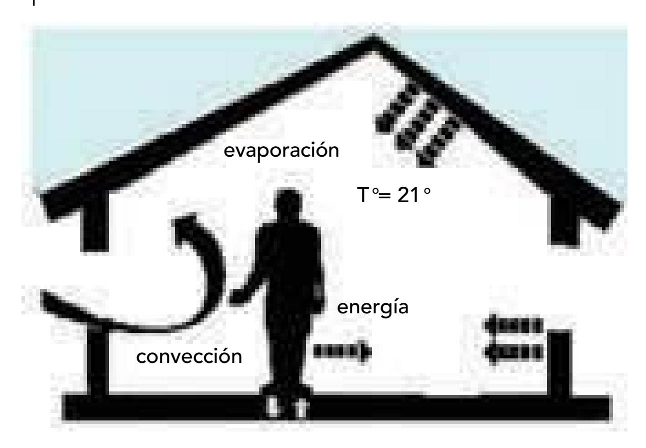
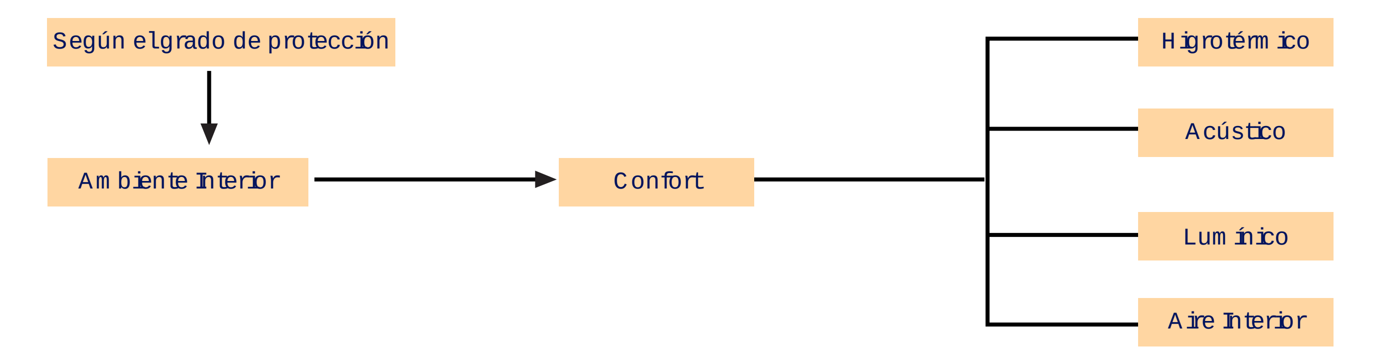


Figura 13 - 9 : Esquema de ambiente interior.

Así, se presenta un margen amplio de habitabilidad biológica relativa que entrega niveles máximos y mínimos considerados aceptables, fuera de los cuales el ambiente se torna inhabitable pudiendo, incluso, existir riesgo vital. Sin embargo, existirá un rango más reducido, un nivel óptimo ideal en el cual el ser humano se encontrará cómodo, aquí se habla de la existencia de condiciones de confort (Esquema 13 - 2).



Esquema 13 - 2: Grados de confort según protección en el ambiente interior.

Las condiciones interiores de confort no necesitan ser las mismas para todos los recintos de una vivienda, ya que ellos no son usados al mismo tiempo por todos los miembros de la familia, tampoco durante todas las horas del día.

Debido a esta situación es que las condiciones de confort deberían estar referidas más bien a cada local o recinto.

Cuando se establecen características térmicas de un espacio se trata de mantener neutra alguna condición del entorno e intentar reducir al mínimo las influencias adversas que dificulten o impidan el confort de los usuarios de un recinto.

Se genera, así, un sistema de parámetros o de indicadores térmicos compuesto por varios factores ambientales:

- **Humedad de la masa de aire**
- **Temperatura de la masa de aire**
- **Movimiento de la masa de aire**

13.2.2.1 Humedad de la masa del aire

Las relaciones térmicas entre el cuerpo humano y su ambiente no pueden expresarse de manera única a partir de valores de temperatura del aire, ya que en las transferencias térmicas intervienen: el intercambio térmico por radiación con las superficies adyacentes, la respiración y la evaporación de sudor.

La disipación de calor a través de la transpiración es directamente proporcional a la cantidad de sudor que se evapora. Si se tiene en cuenta que la velocidad de la transpiración varía considerablemente con la saturación del aire que rodea a la persona, la humedad relativa es un factor particularmente crítico, ya que ésta afecta a la facultad del cuerpo de disipar calor cuando las temperaturas ambientales son altas.

Sin embargo, en climas como el de la zona central chilena, en el que la coexistencia de temperaturas altas con humedades relativas elevadas es poco probable, la importancia de la humedad relativa como un factor clave del confort térmico en tiempo caluroso se ve disminuida frente al resto de los parámetros.

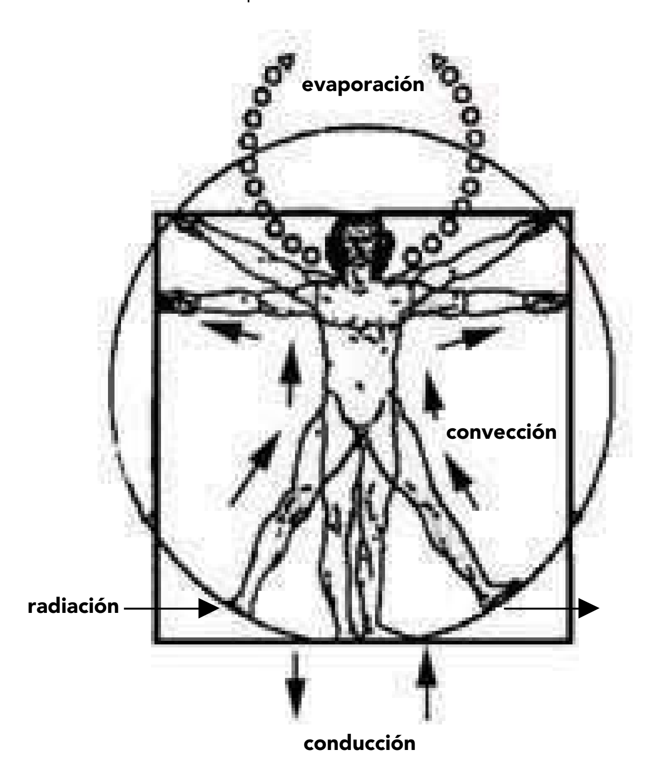


Figura 13 - 10: Intercambio termodinámico del hombre y su hábitat.

Durante la época invernal se dan situaciones en las que a la presencia de aire frío se une la existencia de humedad alta. En este caso, más humedad significa mayor sensación de frío. En el caso de personas vestidas, el humedecimiento de las ropas aumenta la conductividad, lo que significa que un cuerpo disipa calor de manera más rápida, empeorando de manera indirecta las condiciones de bienestar. En cualquier caso, en condiciones de humedad relativa alta, la comodidad térmica resulta mucho más difícil de lograr.

13.2.2.2 Temperatura de la masa de aire

El indicador generalmente conocido de las condiciones térmicas en un recinto es la temperatura del aire, sin embargo, al ser la humedad un elemento fundamental en las características térmicas que existen en un lugar es difícil separar ambos factores.

Si bien la temperatura del aire influye de manera importante en la sensación de calor del cuerpo, a través de la sensibilidad de la piel y del aire que respiramos, la importancia de la humedad en el equilibrio térmico y de la radiación en el intercambio de energía entre los cuerpos es fundamental (**Figura 13-11**).

Prácticamente la mitad de los intercambios de energía del cuerpo humano con el ambiente se realizan por radiación, ya que la piel emite radiación y recibe la entregada por los cuerpos que la rodean, así, del equilibrio que exista entre la energía entregada y la recibida resultará una ganancia o pérdida neta de calor del cuerpo.

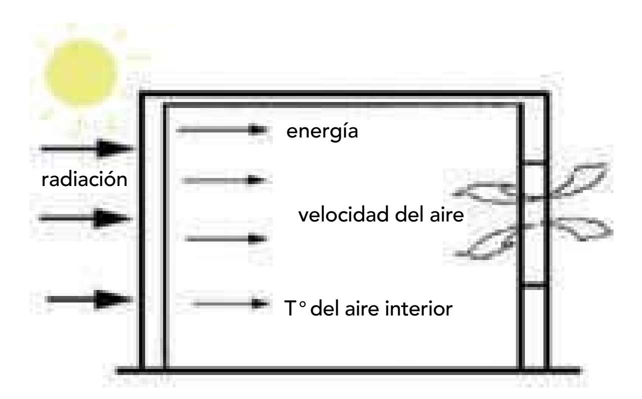


Figura 13 - 11: *Relación entre radiación y temperatura interior.*

13.2.2.3 Movimiento de la masa de aire

Otro indicador de las condiciones de confort interior de una vivienda está dado por la velocidad del aire dentro del recinto. El aumento de la velocidad del aire dado por la ventilación, permitirá alcanzar niveles de confort debido a altas temperaturas (en verano), sin embargo, cuando la velocidad está por encima de ciertos valores, comienzan a aparecer malestares atribuidos a las corrientes de aire.

En general la zona de confort térmico se encuentra con velocidades de aire muy pequeñas.

La velocidad del aire cobra relevancia como una manera de equilibrar las condiciones durante las épocas calurosas, ya que interviene en la rapidez con que las temperaturas altas son alcanzadas y también en la piel humana, dispersando el calor metabólico producido por el cuerpo.

13.3 HUMEDAD EN LA VIVIENDA

La humedad que se produce en el interior de la vivienda se debe a causas diversas y presenta distintas manifestaciones. En primer lugar se puede señalar la humedad que proviene de defectos y filtraciones en cañerías, canalizaciones y sistemas de alcantarillado. Estas situaciones pueden ser detectadas con facilidad, pero se producen en sitios que podrían llevar a confundirlas con el fenómeno de la condensación o con problemas de penetración de humedad desde el exterior por capilaridad.



Figura 13 - 12: *Formación de hongos en la superficie que se traduce en manchas, por efecto de la humedad por condensación.*

El usuario es un importante productor de vapor de agua, tanto por el metabolismo propio, es decir, los procesos de transpiración y respiración humana como por la humedad generada indirectamente en actividades realizadas en la vivienda. Por ello, incide fuertemente en la humedad ambiente de locales cerrados, ya que al aumentar la temperatura del recinto, lo hace también el proceso humano de transpiración y respiración.

Esta humedad es la que se produce con mayor frecuencia y magnitud en el ambiente interior de la vivienda.



Figura 13 - 13: *En un rincón de la habitación que colinda con un pasillo orientado hacia el lado sur de la vivienda, se observan las consecuencias de la humedad por condensación.*

Por otro lado, cuando se habla de humedad ambiente, generalmente se hace referencia a la humedad relativa del aire, que corresponde a la cantidad de vapor de agua presente en el aire, expresada como porcentaje de la máxima cantidad que el aire puede contener a una temperatura particular en estado de vapor.

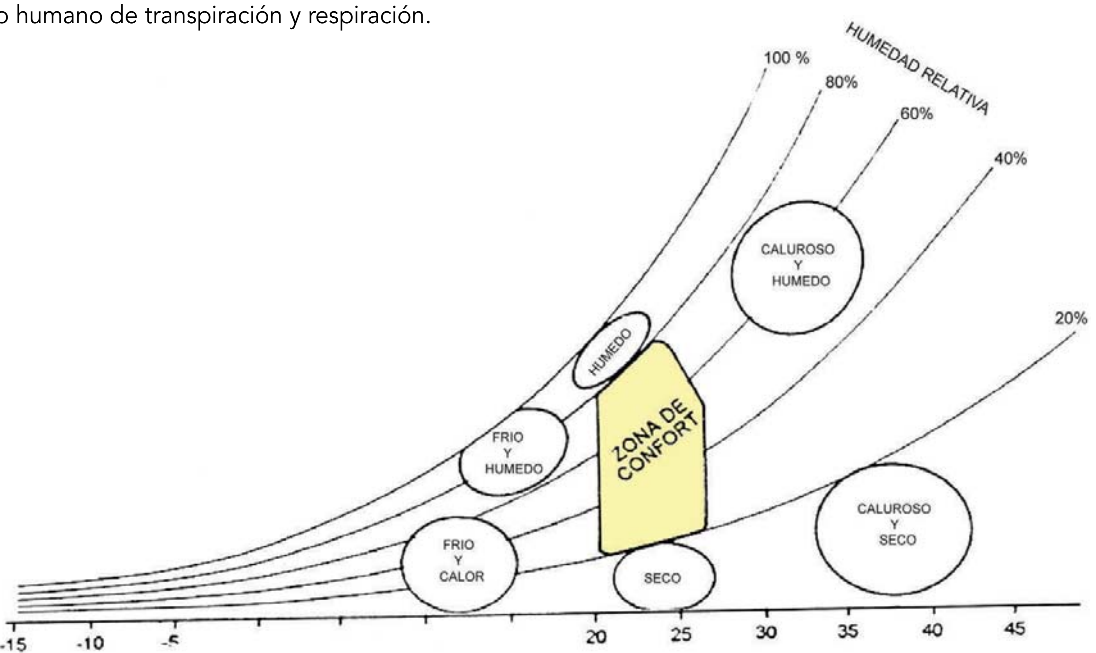


Gráfico 13 – 3: *Gráfico psicométrico. Zona de confort interior. 20 °- 26 °C y humedad relativa 20 % - 80 %.*

Así, la humedad relativa es la razón entre el peso del vapor de agua existente en el aire y el peso que este mismo aire puede contener cuando se encuentra saturado y a la misma temperatura.

En las viviendas, en general, la temperatura de las superficies interiores de la envolvente de la vivienda se encuentra entre los rangos de la temperatura del aire exterior y del ambiente interior, asimismo, la temperatura del interior es mayor que la exterior en invierno, por lo tanto el riesgo de condensación aumenta, más aún si se considera la cantidad de vapor producido por actividades propias de la forma de habitar del ser humano.

Entonces el aire calentado por contacto con las personas y por la calefacción, va admitiendo cantidades cada vez más grandes de vapor, con la consiguiente elevación del punto de rocío (humedad relativa de 100%, saturación), de manera que cualquiera de las superficies interiores que tenga una temperatura por debajo de la del punto de rocío presentará condensaciones.

13.3.1 El fenómeno de la condensación

El fenómeno de la condensación del vapor de agua que se produce en la superficie de los elementos que separan los espacios interiores del exterior y dentro de los mismos materiales que componen los muros y techos, atenta contra las condiciones de habitabilidad y salubridad de los recintos de la vivienda y la durabilidad de los cerramientos interiores y exteriores, ya que provoca o favorece la aparición de hongos y manchas en la superficie, dañando su terminación superficial, ocasionando el deterioro de los componentes del cerramiento y disminuyendo su capacidad de aislamiento térmico.



Figura 13 - 14: Manchas en muros exteriores de la vivienda por humedad.

El aire templado puede contener una mayor cantidad de humedad en forma de vapor de agua que el aire frío. Como la humedad relativa es función de la temperatura del aire, cuando éste se enfría sin cambiar su contenido de humedad absoluta, su humedad relativa aumenta.

Por eso a medida que el aire templado se enfría, para el mismo contenido de humedad absoluta aumenta la humedad relativa, pudiendo llegar hasta un 100%, o sea, a la saturación. La temperatura a la cual se produce este fenómeno se conoce como temperatura de rocío o punto de rocío. De este modo, cuando la temperatura de un elemento alcanza un valor inferior a su temperatura de rocío, se produce en esa parte del elemento el fenómeno de la condensación (Figura 13 - 15).

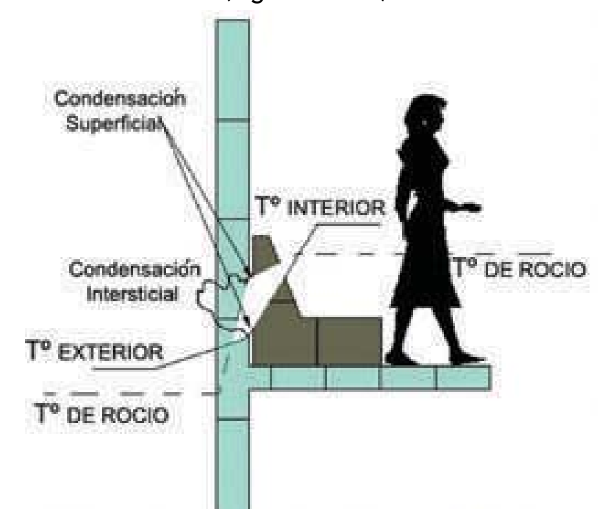


Figura 13 – 15: Condensación superficial e intersticial.

Si el aire húmedo entra en contacto con una superficie interior o exterior, con una temperatura inferior a su punto de rocío, el vapor de agua contenido condensará sobre ella, fenómeno que se denomina **condensación superficial**. Cuando la condensación se produce dentro de paredes, pisos o techos se denomina **condensación intersticial**. Esta resulta ser más seria que la condensación superficial, ya que la humedad puede acumularse en el interior de los elementos constructivos de los cerramientos, sin presentar ningún signo exterior que pueda ser advertido a tiempo.

El mayor o menor riesgo de que se produzca condensación –superficial o intersticial– va a depender de las condiciones climáticas del lugar donde se construye la vivienda (temperatura y humedad relativa en invierno), así como la producción de humedad por uso de la vivienda, de los materiales utilizados y la ubicación de estos en la solución constructiva. En ocasiones, la falta de aislación térmica o la ausencia de barreras de vapor puede originar condensación aún cuando exista una buena ventilación de la vivienda.

La condensación no es necesariamente un problema debido al frío extremo, ya que puede producirse también en climas templados húmedos o en climas compuestos.

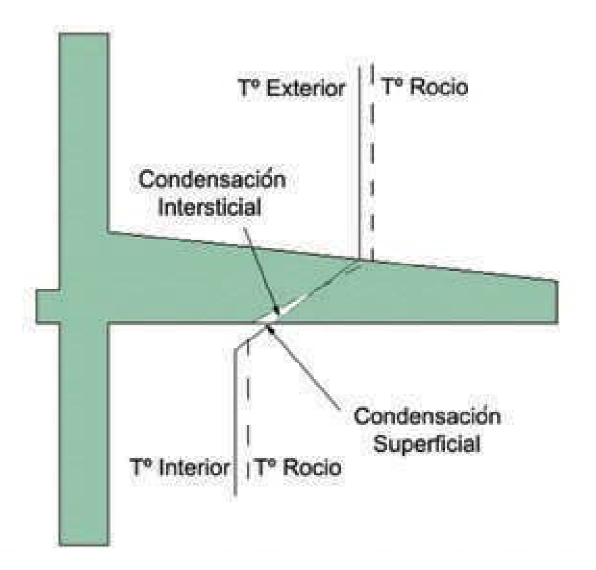


Figura 13 – 16: Condensación superficial e intersticial en cubierta.

También puede producirse condensación sobre las paredes interiores por efecto de la circulación del aire húmedo de recintos calefaccionados hacia otros no calefaccionados y cuyas superficies se encuentran más frías, siendo muy común la aparición de hongos y manchas en las esquinas de locales fríos y poco ventilados como baños, lavaderos, bodegas, y clósets.

Las medidas para prevenir este fenómeno son: evitar que la temperatura de las superficies y de los componentes de los cerramientos (pisos, techos y muros perimetrales) caiga por debajo del punto de rocío, para lo cual será necesario proveerlos de una adecuada aislación térmica, así como evitar la presencia de "puentes térmicos" (Figura 13 - 18) que se definen como la parte de un cerramiento que tiene una resistencia térmica inferior al resto y, como consecuencia, con temperatura también inferior, lo que aumenta la posibilidad de producción de condensación y pérdidas energéticas en esa zona.

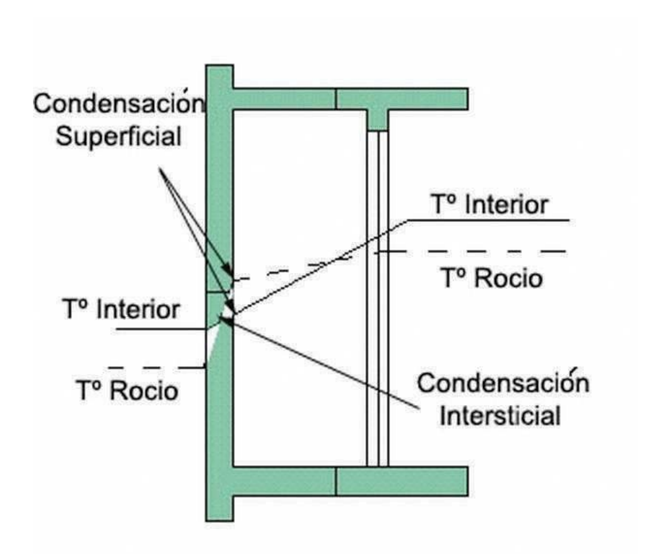


Figura 13 – 17: Condensación superficial e intersticial en clóset.

Junto a lo anterior, se recomienda una ventilación adecuada de los recintos para controlar el contenido de vapor de agua en el aire. Del mismo modo, el uso de barreras de vapor en la cara interior del tabique y en el cielo disminuirán los riesgos de condensación intersticial.

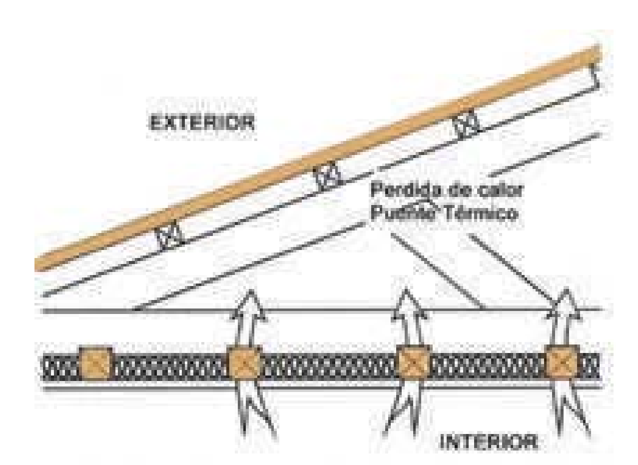


Figura 13 -18: Puente térmico. Por la trascara de la plancha de yeso (interior) el sector donde la plancha no se encuentra aislada presenta franjas oscuras, debido a que la diferencia de temperatura en dicho sector es menor de la plancha de yeso del cielo.

13.4 ASPECTOS A CONSIDERAR EN EL DISEÑO HIGROTÉRMICO DE UNA VIVIENDA ESTRUCTURADA EN MADERA

Para lograr un correcto comportamiento higrotérmico de una vivienda estructurada en madera, resulta fundamental considerar en su diseño aspectos relativos a orientación, materiales y soluciones constructivas.

Los aspectos que se analizan a continuación son:

- Orientación y emplazamiento
- Estrategias de calor
- Estrategias de frío

13.4.1 Orientación y emplazamiento

Una buena orientación nos permite aprovechar al máximo la radiación solar en invierno reduciendo considerablemente el costo energético para iluminación y calefacción. Esta debe responder a los siguientes parámetros:

- Finalidad del proyecto
- Distribución interior que responderá a la utilización de cada recinto
- Protección de la radiación para evitar sobrecalentamientos
- Utilización y protección de los vientos, según corresponda

Para obtener el mejor rendimiento invernal debemos comenzar por localizar la zona del terreno soleada en invierno, luego se recorre el lugar y se determina en qué situación tiene la mínima obstrucción respecto al sol bajo de invierno.

Una orientación **Norte** permite una disminución de las necesidades de calefacción, disfrutando de un asoleamiento máximo en verano y mínimo en invierno. Este tipo de orientación permite un mejor aprovechamiento de lo energético.

Los recintos orientados hacia el **Sur** disfrutan todo el año de una iluminación baja pero estable. Durante el verano son las zonas de mayor confort.

Las piezas orientadas hacia el **Este** disfrutan del sol durante la mañana, pero su luz es difícil de controlar ya que el sol se sitúa en el horizonte. La exposición solar es débil en invierno, pero en verano es superior a la exposición de la fachada Norte.

Los espacios orientados hacia el **Oeste** presentan características idénticas: posible molestia visual por deslumbramiento y sobreexposición en verano. Es en esta época cuando dichos espacios están expuestos a una radiación solar intensa, que se suma a las temperaturas ya elevadas de las últimas horas del día. Es imprescindible, entonces, disponer de los mecanismos necesarios para evitar el sobrecalentamiento.

A continuación se observan tres puntos representativos de Chile para analizar el ángulo de incidencia del sol en las fachadas de las viviendas.

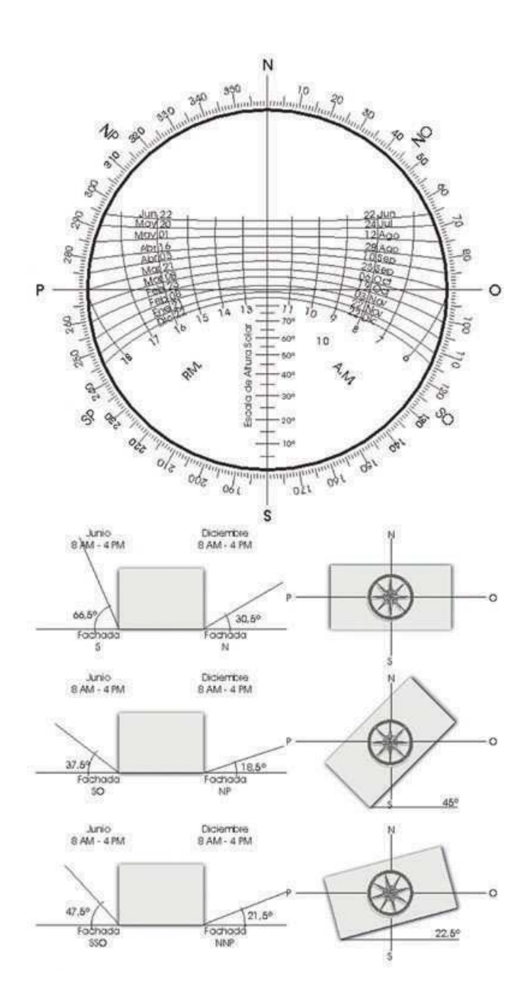


Figura 13 – 19: Angulo de incidencia del sol en fachadas de Arica.

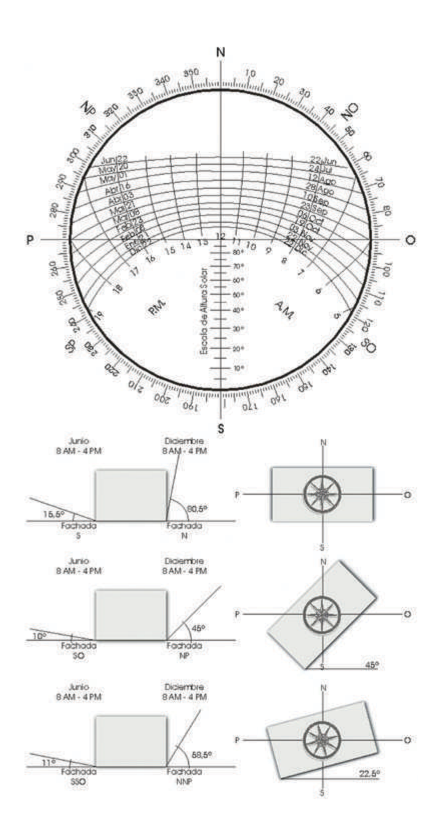


Figura 13 – 20: Angulo de incidencia del sol en fachadas de Santiago.

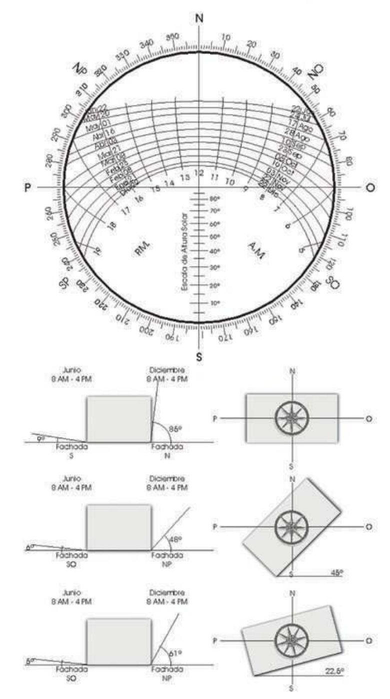


Figura 13 – 21: Angulo de incidencia del sol en fachadas de Puerto Montt.

A continuación, se recomiendan ángulos de los aleros y protecciones con respecto al paramento vertical (según la latitud de Chile), de acuerdo a su orientación, con el objeto de disminuir la incidencia directa de los rayos solares.

13.4.2 Estrategias de calor

13.4.2.1 Captación del calor

Captar el calor consiste en recoger la energía solar y transformarla en calor. La radiación solar recibida por una vivienda depende del clima (de sus variaciones diarias y estacionales), así como de su orientación, naturaleza de sus superficies y materiales, topografía y entorno (sombras) entre otros. La radiación solar captada a través de superficies vidriadas es parcialmente transmitida al ambiente interior y suministra un aporte directo de calor.

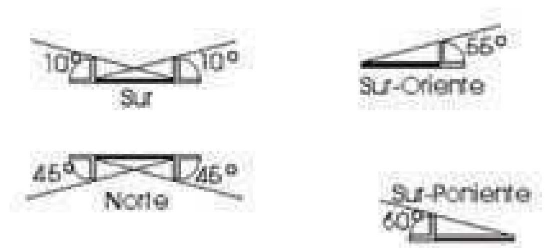


Figura 13 – 22: Angulo de aleros con respecto al paramento vertical en planta.

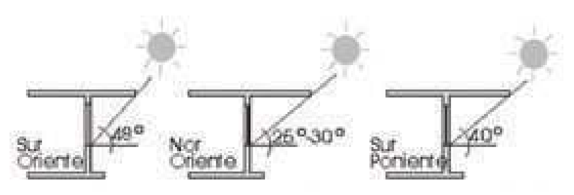


Figura 13 – 23: Angulo de aleros con respecto al paramento vertical.

Las diferentes soluciones arquitectónicas que utilizan la radiación solar se diferencian principalmente por su concepción, por la elección de un modelo o algunos de sus componentes (o ambas cosas). La concepción bioclimática está definida como aquella que no utiliza más que soluciones arquitectónicas para lograr un bienestar térmico.

Hemos visto también que se intenta ante todo conseguir un balance térmico ideal entre el interior y el exterior. La principal fuente de contribución solar directa que concierne a la vivienda es la convección térmica de la radiación, explicada por el calentamiento de un cuerpo absorbente expuesto al sol.

Cuando la radiación solar alcanza una pared vidriada, una parte de ella será reflejada, una parte será absorbida y el resto será directamente transmitido al interior. Esta radiación de onda corta directamente transmitida es parcialmente absorbida por las paredes del local (que se calienta) y luego (re) emitida como radiación de onda larga en todas direcciones. El vidrio es prácticamente opaco a la radiación de onda larga devuelta por las paredes, con lo que ésta queda atrapada en el interior del local provocando un aumento de temperatura. Es lo que se llama **efecto invernadero.**

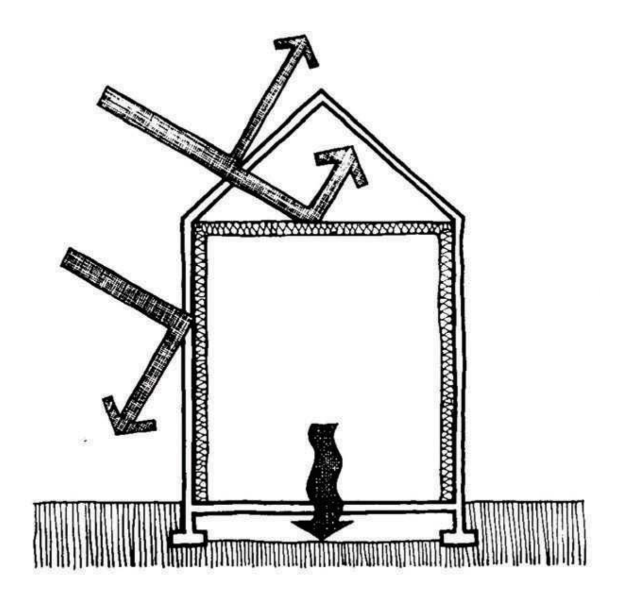


Figura 13 - 24: Vivienda aislada en el interior.

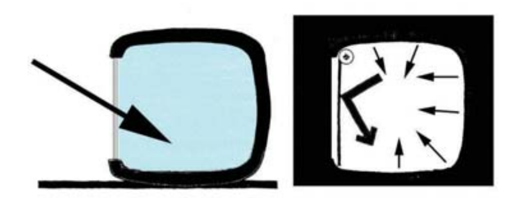


Figura 13 – 25: Efecto invernadero.

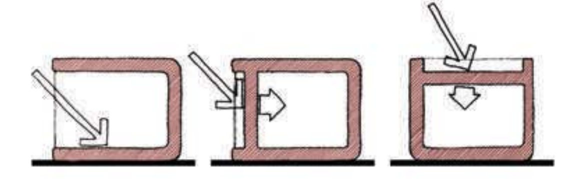
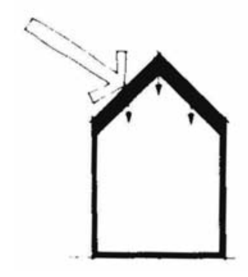


Figura 13 – 26: Sol – masa- espacio.

Las diversas realizaciones se diferencian por los emplazamientos respectivos de la pared translúcida, del cuerpo absorbente, de la masa de almacenamiento y del espacio habitable.

En la figura, la masa de absorción y de almacenamiento puede ser directamente la envoltura habitable y la pared translúcida puede estar constituida por las vidrieras luminosas.

En la figura, uno de los muros exteriores puede estar equipado de tal forma que se caliente o se enfríe a voluntad y mantenga su temperatura con el fin de restituirla hacia el interior. En este caso la captación la realiza una parte de la envoltura y la masa interior hace siempre la función de almacenamiento. El muro hace de intermediario entre el exterior y el interior.



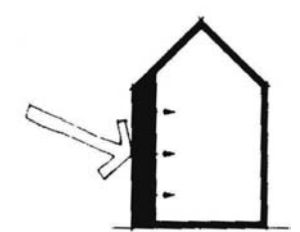


Figura 13 – 27: Sol – masa- espacio.

Esta transmisión de calor depende del ángulo de incidencia de los rayos solares y de la naturaleza del vidrio. La elección de éste, dependiendo de su factor solar (el porcentaje de energía solar incidente transmitida a través de una pared vidriada hacia el interior de un local) influye directamente en la economía energética de una vivienda.

Por ejemplo, un vidrio con factor solar elevado (restringiendo la entrada de radiación solar), reducirá los gastos de climatización (refrigeración y recalentamiento).

Debemos considerar:

- Latitud y estación (posición del sol)
- Orientación e inclinación de la pared vidriada (geometría de la vivienda)
- Propiedades del vidrio utilizado

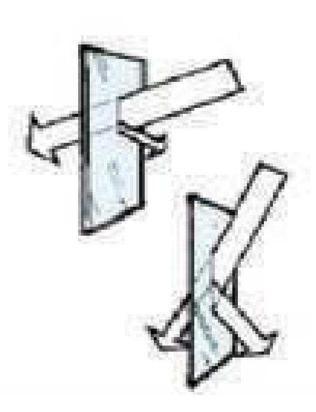


Figura 13 - 28: Reflexión de la superficie vidriada.

13.4.3 Estrategias de enfriamiento

Cuando la temperatura exterior es superior a la interior, es necesario enfriar el aire que rodea a la vivienda, de otra manera ésta se recalentaría al introducirle aire exterior.

Para esto se deben manejar correctamente dos conceptos básicos:

- Protección
- Enfriamiento

13.4.3.1 Protección

Proteger la vivienda del asoleamiento directo se logra mediante la ubicación de pantallas exteriores que entregan sombra a la vivienda. Estas pantallas pueden ser:

- Pantallas estacionales
- Pantallas permanentes
- Pantallas móviles

13.4.3.1.1 Pantallas estacionales

Es necesario limitar los aportes solares que pasan a través de los elementos vidriados, protegiendo la abertura del asoleamiento directo. Este sistema no debería obligar a los ocupantes a recurrir a alumbrado artificial.

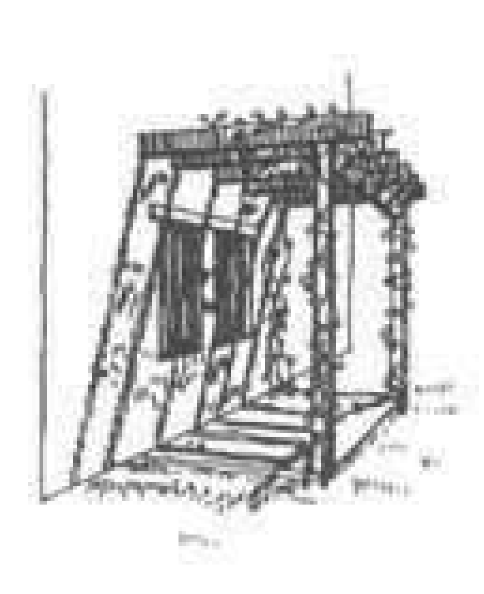
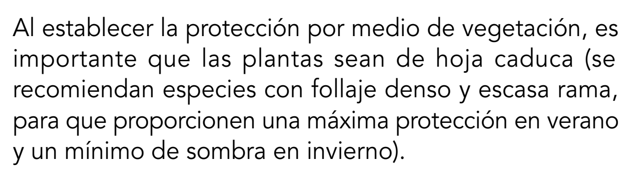


Figura 13 – 29: Protección natural mediante la construcción de estructuras que serán cubiertas en verano por setos verdes, los que darán la sombra prevista.

Al establecer la protección por medio de vegetación, es importante que las plantas sean de hoja caduca (se recomiendan especies con follaje denso y escasa rama, para que proporcionen una máxima protección en verano y un mínimo de sombra en invierno).



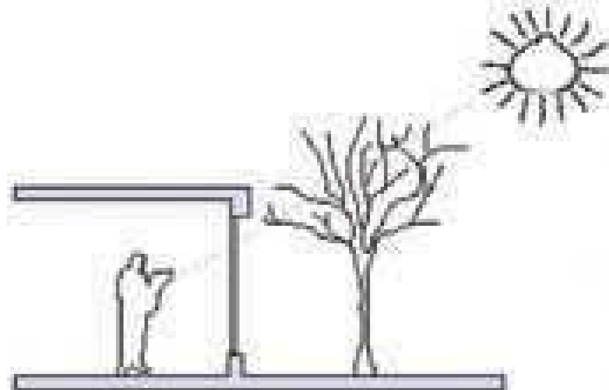


Figura 13 – 30: Protección natural mediante plantación de árboles de hoja caduca ubicada estratégicamente, que permite la sombra deseada.

13.4.3.1.2 Pantallas permanentes

Se constituyen como elementos arquitectónicos fijos incorporados a la vivienda que protegen de la incidencia directa del sol sobre una superficie traslúcida de la vivienda.



Figura 13 – 31: Protección solar fija, instalación de aleros sobre las ventanas, entregando la sombra según la estación.

13.4.3.1.3 Pantallas móviles

Son aquellas en que su característica principal es la flexibilidad de uso, dependiendo de la orientación y la incidencia del sol sobre la superficie vidriada de la vivienda. Se trata de persianas, celosías y toldos móviles, entre otros.

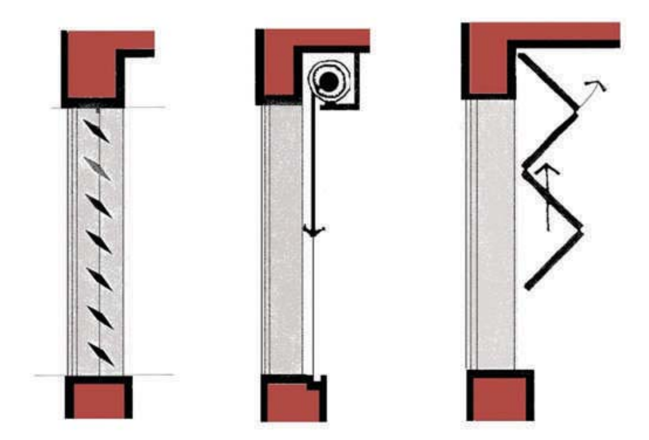


Figura 13 – 32: *Diferentes tipos de pantallas móviles que se instalan por el interior de las ventanas, reguladas según necesidad.*

13.4.3.2 Enfriamiento

El enfriamiento de un espacio puede conseguirse fácilmente por medios naturales. Algunas consideraciones importantes para favorecer el enfriamiento de la vivienda son:

- Favorecer la ventilación (sobre todo nocturna para evacuar el calor acumulado durante el día)
- Aumentar la velocidad del aire (efecto chimenea)



Figura 13 – 33: *Enfriamiento mediante ventilación natural, aumentando la velocidad del aire interior (efecto chimenea).*

BIBLIOGRAFIA

- Bustamante, W; "Clima y Vivienda: Guía de Diseño", Facultad de Ingeniería, Escuela de Construcción Civil, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile, 1999.

- Canada Mortgage and Housing Corporation, CMHC, "Manual de Construcción de Viviendas con Armadura de Madera – Canadá", Publicado por CMHC, Canadá, 1998.

- Canada Mortgage and Housing Corporation, CMHC, "Woodframe Envelopes in the Coastal Climate of British Columbia", Publicado por CMHC, Canadá, 2001.

- D.F.L. N° 458 y D.S N° 47 Ley y Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU).

- De Herde, A, y González, J; "Arquitectura Bioclimática", Colegio de Arquitectos de Galicia, España, 1998.

- Givoni, B; "Climate considerations analysis and building design guidelines", Van Nostrand Reinhold, 1998.

- Gonzalo, G; "Manual de Arquitectura Bioclimática", Imprenta Arte Color Chamaco, Tucumán, Argentina, 1998.

- Heene, A; Schmitt, H, "Tratado de Construcción", 7° Edición Ampliada, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.

- Lechner, N; "Heating, Cooling, Lighting. Design Methods for Architects", John Wiley and Sons, Inc., Nueva York, EE.UU., 1991.

- "Manual de Aplicación Reglamentación Térmica. Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones" Santiago, 1999. Ministerio de Viviendas y Urbanismo (MINVU)

- Neufert, E; "Arte de Proyectar en Arquitectura", 14° Edición, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.

- Santamouris, M y D. Asimakopoulus; "Passive Cooling of Buildings" James & James, Londres, 1996.

- Serra, Rafael y Helena Coch; "Arquitectura y energía natural" Ediciones UPC (Universidad Politécnica de Cataluña), España, 1995.

- www.inn.cl (Instituto Nacional de Normalización).


CORPORACION CHILENA DE LA MADERA
CORMA
CHILE PAIS FORESTAL

Unidad 14

AISLACIÓN Y VENTILACIÓN



Centro de Transferencia Tecnológica

Unidad 14

UNIDAD 14

AISLACIÓN Y VENTILACIÓN



14.1 INTRODUCCIÓN

En esta Unidad se entregan los aspectos generales de especial atención que se deben considerar para la solución de aislación térmica, barreras de humedad, ventilación y protección acústica, tanto en el diseño como en la materialización de las viviendas de madera.

14.2 AISLACIÓN TÉRMICA

14.2.1 Generalidades

La madera, como material principal en la estructura y como revestimiento de terminación de la envolvente de la vivienda, tiene una resistencia relativamente baja a la transmisión del calor. En consecuencia, si se considera la situación del invierno, es necesario colocar aislamiento térmico que permita minimizar las pérdidas de energía, aumentar y maximizar las ganancias internas y, en el caso de mantenerse la necesidad de calefacción, propender a sistemas eficientes, no contaminantes y de bajo costo.

Las construcciones de viviendas con estructuras de madera son fáciles de aislar, ya que cuentan con espacios en su estructura (entramados verticales, horizontales e inclinados que pueden ser rellenados con aislantes relativamente económicos. Por sí mismos, dichos espacios ofrecen una resistencia considerable al flujo del calor, aumentando esa capacidad al ser cubiertos con material aislante.

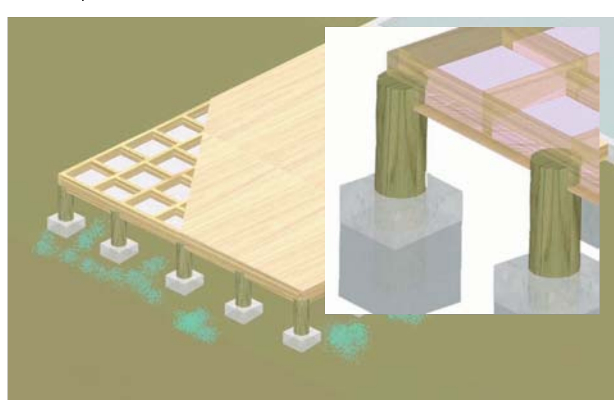


Figura 14- 1: Los espacios de la estructura de entramado de piso han sido rellenados con aislante de poliestireno expandido de 50 mm. El sostenimiento de éste, se especifica con tablero de fibra perforado que permite la ventilación del entramado.

Hoy, con los elevados costos de la energía y la preocupación por conservarla, este sistema constructivo ofrece ventajas importantes en comparación con los sistemas tradicionales de construcción de viviendas.

Mayor información se encuentra en el Manual de aplicación, reglamentación térmica de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, donde se presenta en forma sencilla la reglamentación y desarrollo, paso a paso, de cada artículo y su aplicación práctica.

14.2.2 Materiales y sistemas de aislantes térmicos

Para lograr una adecuada y eficiente aislación térmica es necesario conocer la disponibilidad de diferentes materiales aislantes en el mercado. De esta forma, la especificación entregada por el diseñador será la adecuada para lograr la máxima eficiencia del material y será correctamente interpretada e instalada por el constructor.

A continuación se dan a conocer las características y propiedades más relevantes de los materiales habitualmente utilizados en la aislación térmica de una vivienda.

14.2.2.1 Poliestireno expandido

El poliestireno expandido es una espuma rígida suministrada en forma de planchas de color blanco, de dimensiones volumétricas estables y constituido por un termoplástico celular compacto. Se elabora en base a derivados del petróleo en diferentes densidades, según aplicación y es compatible con el medio ambiente.

Dentro de su estructura, el poliestireno expandido posee un sinnúmero de celdas cerradas en forma de esferas envolventes que mantienen ocluido aire quieto en su espacio interior. Estas esferas, solidariamente apoyadas en sus tangentes e íntimamente soldadas y próximas entre sí, conforman una masa liviana por el volumen de aire encerrado, que permite la alta capacidad de aislamiento térmico (98% de aire y 2% de material sólido).

La estructura celular cerrada del poliestireno expandido permite que no sea higroscópico y tenga una gran estanqueidad, lo que limita la absorción de agua al mínimo, aún en estado sumergido y prácticamente no tiene tránsito de agua líquida por capilaridad. Esta característica hace que el poliestireno expandido mantenga inalterable su capacidad de aislación térmica y a la vez tenga una elevada

resistencia a la difusión de vapor de agua, disminuyendo el riesgo de daño por condensación de agua al interior del material.



Figura 14- 2: Presentación de las planchas de poliestireno en formato de 1000 x 500 x 50 mm.

Los espesores habituales son: 10, 15, 20, 25, 30, 40 y 50 mm. Sus medidas estándar son: 1000 x 500 mm, 2000 x 1000 mm. Las características de las planchas, según su densidad y su uso son las siguientes:

1.- **Densidad standard (10 kg/m3):** Material para aislación de entretechos, mansardas, tabiques y otras aplicaciones, donde no se requiere gran resistencia mecánica.

2.- **Plancha de 15 kg/m3 o tipo 15:** Para uso en aislaciones domésticas y semi industriales, con exigencia media de resistencia mecánica y cielos falsos a la vista. Aplicable en aislación al ruido de pisadas en pisos livianos y para aislar sistemas de calefacción en pisos de viviendas.

3.- **Plancha de 20 kg/m3 o tipo 20:** Densidad mínima recomendada para aislaciones en el rubro de refrigeración y calefacción (hasta 80ºC), de excelente estabilidad dimensional, capacidad mecánica mediana, muy buena resistencia a la humedad y al paso de vapor de agua.

4.- **Plancha de 25 kg/m3 o tipo 25:** Plancha de alta resistencia mecánica y muy baja absorción de agua. Util en pisos de frigoríficos, de tráfico semipesado (carros manuales) y en aplicaciones náuticas (flotadores, boyas, balsas y otras). Posee muy buena terminación superficial. Usada en la ejecución de piezas volumétricas de forma especial (ornamentales y otras).

5.- **Plancha de 30 kg/m3 o tipo 30:** Plancha de muy alta resistencia mecánica y estabilidad dimensional. Usada en aplicaciones donde se somete a grandes cargas mecánicas, como pisos de frigoríficos con tráfico pesado (grúas horquilla y camiones).

14.2.2.2 Lana de vidrio

La lana de vidrio es un material constituido por fibras entrecruzadas en forma desordenada que impiden las corrientes de convección de aire. La conductividad térmica de la lana de vidrio no es una conductividad sólida real, sino aparente y es balance de los efectos conjugados de varios procesos al cambio de calor.

La lana de vidrio es incombustible e inatacable por agentes exteriores (aire, vapor de agua, y bases no concentradas). El Ph de la composición (7 aproximadamente) asegura a la fibra una estabilidad total, incluso en un medio húmedo, y garantiza al usuario la no existencia de corrosión de metales en contacto con ella.

Se elabora partiendo de tres elementos principales:

1.- **Vitrificante:** sílice en forma de arena.

2.- **Fundente:** para conseguir que la temperatura de fusión sea más baja (carbonato de sodio y sulfato de sodio y potasio).

3.- **Estabilizantes:** principalmente carbonato de calcio y magnesio, cuya misión es conferir al vidrio una elevada resistencia a la humedad.

Un material aislante se caracteriza por el valor de su conductividad térmica. Su poder aislante es elevado cuanto más pequeña sea su conductividad.

La lana de vidrio tiene distintos usos dentro de una vivienda. De acuerdo a su función y colocación estos son:

- **Como aislamiento acústico**
  Es importante considerar el control del ruido en una vivienda como una comodidad adicional, por ejemplo, en dormitorios, baños, y aquellos recintos en el interior donde sea necesario contener el sonido dentro de éste y/o contener el ruido indeseado hacia fuera. La lana de vidrio posee cualidades acústicas aceptables y su elasticidad le permite ser un material que se adapta a la técnica de pisos flotantes. Igualmente, permite mejorar sensiblemente el índice acústico en tabiques interiores.

UNIDAD 14
AISLACIÓN Y VENTILACIÓN



Figura 14- 3: Lana de vidrio como aislación acústica.

- **Como aislamiento térmico**
  La fibra de vidrio se utiliza como material aislante, para mansardas o entretechos que tienen un uso habitacional. En el caso de no existir una mansarda habitada, la fibra de vidrio también es colocada en cielos y techumbres de la vivienda.



Figura 14 - 4: Lana de vidrio como aislación térmica en el complejo de techumbre.



Figura 14 - 5: Lana de vidrio como aislación térmica en tabiques.

Los productos de lana de vidrio más utilizados en las viviendas y su forma de comercialización son:

- **Rollo libre**
  Es un producto de lana de vidrio que se entrega en forma de rollos, con ancho de 0,60 m o 1,20 m y longitud variable hasta 20 metros (se pueden fabricar largos mayores a pedido). El material no lleva ningún recubrimiento y tiene una extraordinaria flexibilidad durante su instalación. Su gran longitud le permite minimizar el tiempo de instalación y su envasado de alta compresión, permite un excelente comportamiento durante el transporte y manipulación, evitando el deterioro del producto y logrando una disminución considerable de los costos y flete. Su uso principal es en aislamiento de tabiques, cielos modulares, techumbres y muros perimetrales.



Figura 14 – 6: Lana de vidrio como rollo libre.

- **Rollo papel una cara**
  Es un rollo libre al que se le adhiere en una de sus caras un recubrimiento en base a papel kraft. La adhesión es permanente y resiste los esfuerzos mecánicos aplicados durante su instalación. Además, gracias al delgado film de polietileno fundido en la zona de contacto de la lana y el papel, sus índices de permeabilidad al vapor de agua son muy bajos, lo que le confiere excelentes propiedades como barrera al vapor. En estos casos, el papel enfrenta el lado de mayor temperatura.

  Además, este recubrimiento mejora la autosustentación del producto en las soluciones constructivas en que se utiliza. Su uso principal es en aislamiento de tabiques, cielos modulares, techumbres y muros perimetrales.



Figura 14 – 7: Lana de vidrio como rollo papel una cara.

- **Panel libre**
  Corresponde a un producto de lana de vidrio sin ningún revestimiento, con dimensiones estándares de 0,60 m de ancho y de 1,20 m de largo. Puede tener variados espesores y densidades. Los productos se entregan empaquetados con varias unidades mediante plástico termocontraíble, que permiten un óptimo manejo durante su transporte. Dependiendo de su densidad, pueden clasificarse como paneles livianos o paneles rígidos. Su uso principal es en aislamiento de tabiques, muros perimetrales y acondicionamiento acústico de ambientes.



Figura 14 - 8: Lana de vidrio como panel libre.

La utilización de lana de vidrio tiene para el usuario las siguientes ventajas comparativas:

- **Alto poder de aislación térmica**
  Presenta una elevada resistencia al paso de flujos calóricos entre un ambiente acondicionado y su entorno, debido a su alto Coeficiente de Resistencia Térmica (R). Lo anterior es válido tanto en invierno como en verano.

- **Gran confort acústico**
  Otorga los beneficios de absorción y aislación acústicas, ya que su estructura elástica amortigua las ondas sonoras incidentes, logrando un excelente nivel de acondicionamiento acústico de ambientes y reducción de ruidos desde el entorno.

- **Ahorro de energía**
  Favorece la economía del hogar al impedir pérdidas de calor desde los ambientes hacia el entorno, lo cual redunda en menores gastos de calefacción y acondicionamiento térmico. Se presta particularmente bien para la aislación de techumbres de viviendas, pues cubre completamente la superficie sin dejar intersticios.

- **Seguridad para las personas**
  No es inflamable ni combustible, no contribuye a la propagación del fuego, ni genera gases tóxicos al entrar en contacto con la llama, los cuales son nocivos para la salud.

- **Durabilidad y confiabilidad**
  Es químicamente inerte, presenta alta estabilidad dimensional con el paso del tiempo (no se asienta), es imputrescible, no se ve afectada por humedad y no es atacada por plagas como ratones, pájaros o insectos. Todo lo anterior redunda en que su capacidad de aislación térmica y acústica se mantenga inalterada con el paso del tiempo.

- **Excelente trabajabilidad**
  Es liviana, fácil de cortar y manipular, se amolda sin complicaciones a las irregularidades de las construcciones y superficies en las que se instala.

Las características que debe tener la lana de vidrio como aislante térmico para el complejo de techumbre, en cuanto a espesores y densidades para dar cumplimiento al artículo 4.1.10.7 de la Ordenanza, se entrega en el Manual de aplicación de la Reglamentación térmica, Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC).

14.2.2.3 Lana roca
Otro tipo de material es la denominada lana roca, elaborada a partir de rocas diabásicas (rocas basálticas), obteniendo un material de propiedades complementarias a la lana de vidrio.

Es un producto especialmente indicado para el aislamiento térmico en la industria (altas temperaturas).

La mezcla utilizada en la fabricación de la lana de roca tiene características físico-químicas parecidas a los vidrios, es decir, compuesta por silicatos y óxidos metálicos.

Los productos de lana roca más utilizados en las viviendas, y su forma de comercialización son los siguientes:

- **Colchoneta libre**
  Producto de fibras minerales con dimensiones predeterminadas y baja densidad, empleado mayoritariamente en edificaciones con fines habitacionales, como aislante térmico y absorbente acústico, cielos falsos, tabiques y muros. Se vende en colchonetas de 0,5 m de ancho y de 1,2 m de largo. Este producto no tiene recubrimientos y es de fácil instalación debido a su gran flexibilidad.

  Se utiliza principalmente como aislante térmico y acústico.



Figura 14 - 9: Lana roca como aislación térmica.

- **Colchoneta papel una cara**
  Producto similar al anterior, cubierto con lámina de papel kraft impermeabilizado adherida a una de sus caras. Actúa como barrera da vapor y evita las condensaciones de superficie. Por ello, es importante instalar las colchonetas con el papel kraft por el lado de la cara caliente. Se utiliza para aislar térmica y acústicamente losas de hormigón, cielos falsos, tabiques y muros, especialmente en ambientes húmedos. A su facilidad de instalación, se agrega la condición de barrera de vapor; elimina riesgos de condensación en el interior de tabiques perimetrales o en cielos falsos.



Figura 14 – 10: Lana roca con papel una cara.

- **Colchoneta papel dos caras**
  Colchoneta de fibras minerales con láminas de papel kraft adheridas en ambas caras. Sólo una de estas láminas es papel impermeabilizado que actúa como barrera de vapor, evitando condensaciones de superficie, la otra cara es papel común para aportar mayor resistencia mecánica a la colchoneta y facilitar su manipulación.

  Se recomienda su uso en aislación térmica y acústica de cielos falsos, tabiques y muros, especialmente en ambientes húmedos.



Figura 14 – 11: Lana de roca con papel dos caras.

La utilización de lana de roca tiene las siguientes ventajas comparativas:

- **Absorción acústica:** La superficie rugosa y porosa de la lana de roca posee extraordinarias características de absorción acústica, lo que contribuye significativamente al acondicionamiento acústico ambiental, debido a la supresión de reverberación de sonidos.

- **Aislación térmica:** Tiene extraordinarias propiedades de aislación térmica por su baja conductividad térmica (conductividad térmica (l) de 0,030 a 0,043 W/m °C a 20°C).

- **Inalterabilidad:** No pierde sus características físicas con el paso del tiempo, es imputrescible, químicamente neutra, inodora, no corrosiva e insoluble en agua. No conduce electricidad y no contiene azufre, álcalis, ni cloro.

- **Estabilidad física:** Resiste fuertes vibraciones sin perder su cohesión interna, aún con altas temperaturas. Tampoco sufre variaciones dimensionales.

- **Flexibilidad:** Las fibras minerales extrafinas utilizadas permiten obtener un material de consistencia esponjosa y suave que se adapta fácilmente a las superficies portantes.

- **Incombustibilidad:** Debido a su origen mineral, es incombustible y no inflamable, por lo que es un excelente retardador del fuego. Además no emite gases tóxicos, aún en caso de incendio.

14.2.2.4 Poliuretano

El poliuretano es la mezcla de dos componentes denominados poliol e isocianato. Según el tipo de cada uno de ellos, se puede obtener espuma para aislación rígida o flexible, espuma semirígida o simplemente elastómero.

La reacción química que genera la formación de enlaces entre el poliol y el isocianato da como resultado una estructura sólida, uniforme y resistente, además, el calor que se desprende de la reacción, se puede utilizar para evaporar un agente expansor que rellena las celdillas y cavidades de la espuma, de tal modo que se obtiene un producto moldeable y uniforme que posee una estructura celular de volumen muy superior al que ocupan los componentes en estado líquido.

En la espuma rígida de poliuretano para aislamiento térmico los componentes están diseñados para conseguir una estructura ligera, rígida y de celdas cerradas. Estas encierran en su interior al agente expansor, que al estar inmóvil otorga características de aislamiento térmico muy superiores a las de otros materiales que encierran en su interior diferentes productos (aire, anhídrido carbónico, etc.).

La espuma rígida de poliuretano para aislamiento térmico se caracteriza fundamentalmente por su bajo coeficiente de conductividad térmica (W/m°C). No importa que se aplique por inyección, colocando el material líquido para que rellene una cavidad, por ejemplo, en muebles frigoríficos o que se aplique por proyección, dejando que se expanda libremente sobre una superficie. El resultado siempre será una espuma rígida de baja densidad, con coeficiente de aislación térmica inmejorable.
La espuma rígida de poliuretano posee, en general, las siguientes propiedades y ventajas:

- Coeficiente de transmisión de calor muy bajo, menor que el de los aislantes tradicionales (corcho, fibra de vidrio, lana mineral, poliestireno expandido), lo que permite menor espesor de material aislante para una necesidad dada.

- Aplicación *in situ* que permite una rápida ejecución en obra, consiguiendo una capa de aislación continua, carente de juntas, logrando con ello un eficaz aislamiento.

- Duración indefinida. Existen testigos de aplicaciones que han durado más de 30 años.

- Excelente adherencia a los materiales normalmente utilizados en construcción. Se adhiere a cualquier sustrato. No requiere sistemas de sujeción mecánicos ni adhesivos.

- No permite el crecimiento de hongos y bacterias. Tampoco lo afecta el ataque de roedores ni insectos.

- Refuerza y protege la superficie aislada.

- Alta resistencia al ataque de ácidos y álcalis diluidos, así como a aceites y solventes.

- Buena resistencia mecánica en relación con su densidad.

- Buena estabilidad dimensional.

- Aísla e impermeabiliza en un único proceso en cubiertas con densidades alrededor de 45 Kg/m3. Esta característica se debe, por una parte, a su estructura de celdas cerradas y estancas al agua, y por su forma de aplicación en continuo que evita juntas.

- Rapidez de ejecución y movilidad. Posibilidad de desplazamiento rápido a cualquier obra, sin necesidad de transportar y almacenar productos voluminosos, como son normalmente los materiales aislantes.

- El procedimiento de proyección, debido a su forma de aplicación en continuo, está especialmente indicado para el tratamiento de grandes superficies de formas irregulares, como por ejemplo: losas, cubiertas metálicas, fibrocementos y complejo de techumbre.

Hoy en día no es el material más usado en aislación térmica de viviendas, debido a su alto costo en comparación al poliestireno expandido, lana de vidrio y lana de roca.

14.2.3 Aislación térmica de la envolvente

Como se ha expuesto, se debe asegurar un comportamiento higrotérmico eficiente de la vivienda, lo que significa aislación térmica y barreras de humedad de la envolvente. A continuación se entregan soluciones, características y puesta en obra de aislación térmica y barreras de humedad típicas para cerramientos, complejo de techumbre, pisos y fundaciones.

14.2.3.1 Aislación térmica de cerramientos perimetrales

La aislación térmica en los paramentos verticales debe ser colocada entre los pie derecho de la estructura, protegiendo en forma continua la envolvente de la vivienda.

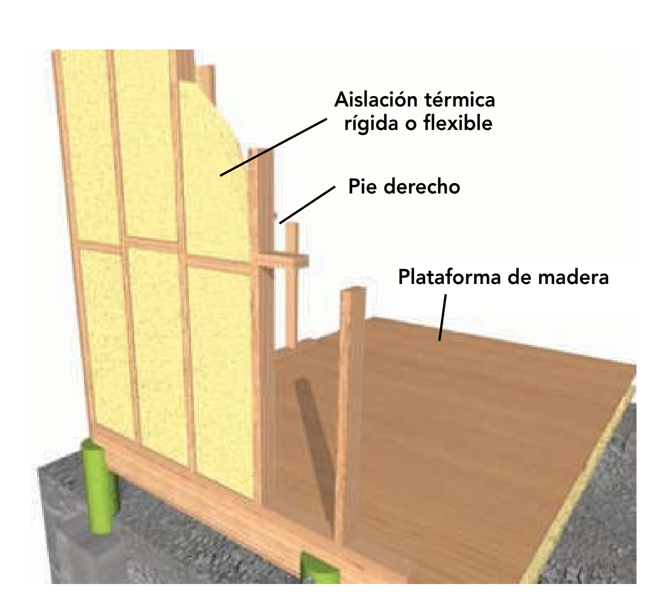


Figura 14 – 12: Aislación típica de un tabique perimetral.

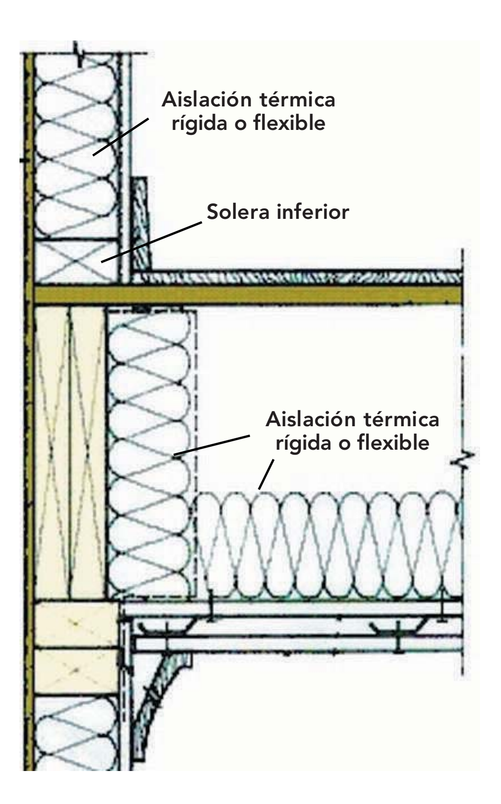


Figura 14 – 13: Aislación de viga perimetral, y entrepiso segundo nivel.

Es importante considerar que se debe aislar la viga perimetral, debido a que por ese punto de la estructura es posible que se produzcan puentes térmicos, que afecten el correcto comportamiento higrotérmico de la vivienda y su estructura.

El procedimiento y los cuidados que se deben tener al instalar la aislación térmica en tabiques exteriores son:

- Colocar aislante contra los pie derecho y llenar bien la abertura hacia arriba y abajo (Figura 14-14).

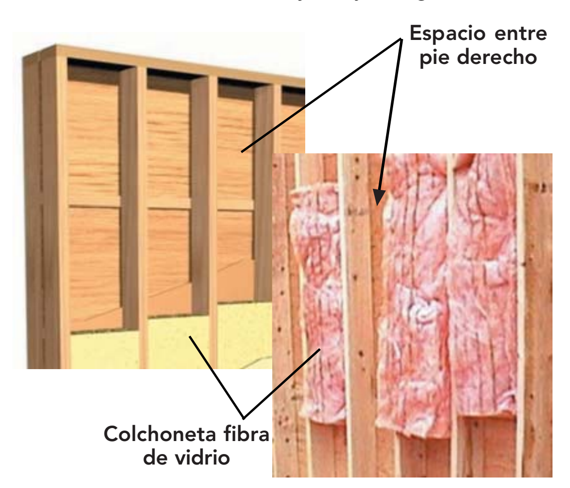


Figura 14 - 14: Presentación del aislante de fibra de vidrio en colchoneta, se debe llenar bien los espacios entre los pie derecho del tabique.

- Cortar el aislante para acomodarlo en los lugares más estrechos por debajo de las ventanas. Siempre se debe hacer sobre una superficie plana y lisa. En el caso de ser fibra de vidrio o lana roca papel una cara, ésta debe ser cortada por el lado que no tiene recubrimiento.

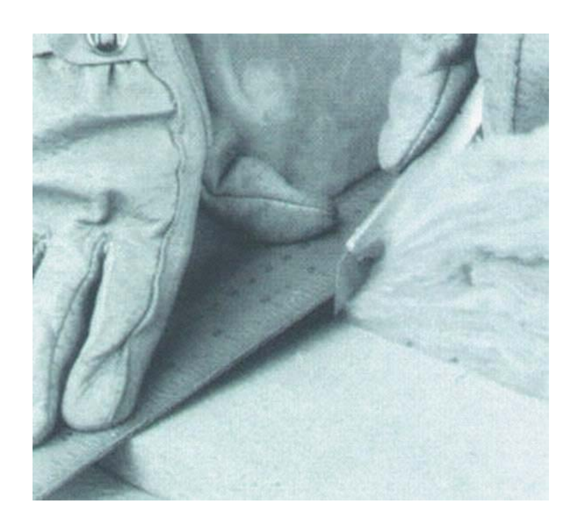


Figura 14-15: Corte del aislante térmico para su correcta colocación.

- Salvo que sea inevitable, no se debe instalar elementos eléctricos o mecánicos en los muros exteriores tales como: cajas de distribución, cañerías y conductos. Si no se puede evitar, se debe colocar el material aislante con precisión alrededor de dichos elementos, entre los mismos y sobre la cara exterior del muro para reducir al mínimo la compresión del material aislante. Se debe envolver con aislante cañerías, cables, cajas y conductos eléctricos. En las paredes exteriores, siempre se debe instalar el material aislante por detrás de las cañerías de agua.

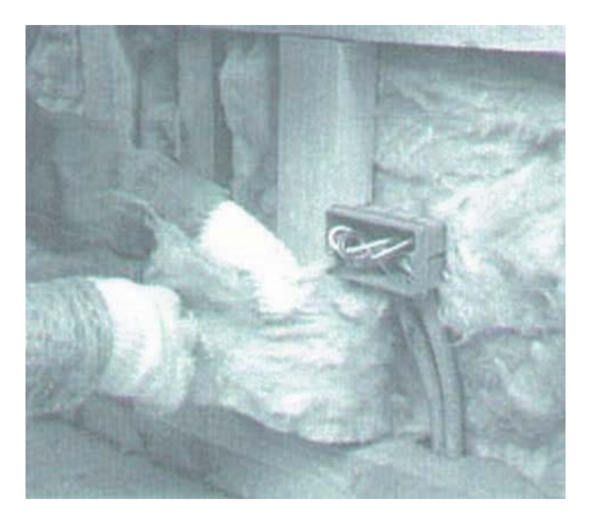


Figura 14 - 16: Material aislante en sectores de cajas y cañerías eléctricas.

14.2.3.2 Aislación térmica del complejo de techumbre

El complejo de techumbre está constituido por todos los elementos que conforman la envolvente superior de la vivienda, delimitada en el interior por el cielo y en el exterior, por la cubierta, frontones y aleros.

Los materiales aislantes deben instalarse de manera tal que calcen en forma ajustada entre los miembros estructurales. Se debe tener especial cuidado en evitar bloquear la circulación de aire, a través de ventilaciones del alero.

14.2.3.2.1 Aislación térmica en cielo horizontal

Es necesario que el material aislante térmico o la solución constructiva especificada cubra de manera continua la superficie del cielo y se prolongue por sobre el listonado de cielo, para que éste no se transforme en puente térmico, debido a que la resistencia térmica de la madera es inferior a la de la aislación térmica, lo que aumenta las pérdidas energéticas por esa zona.

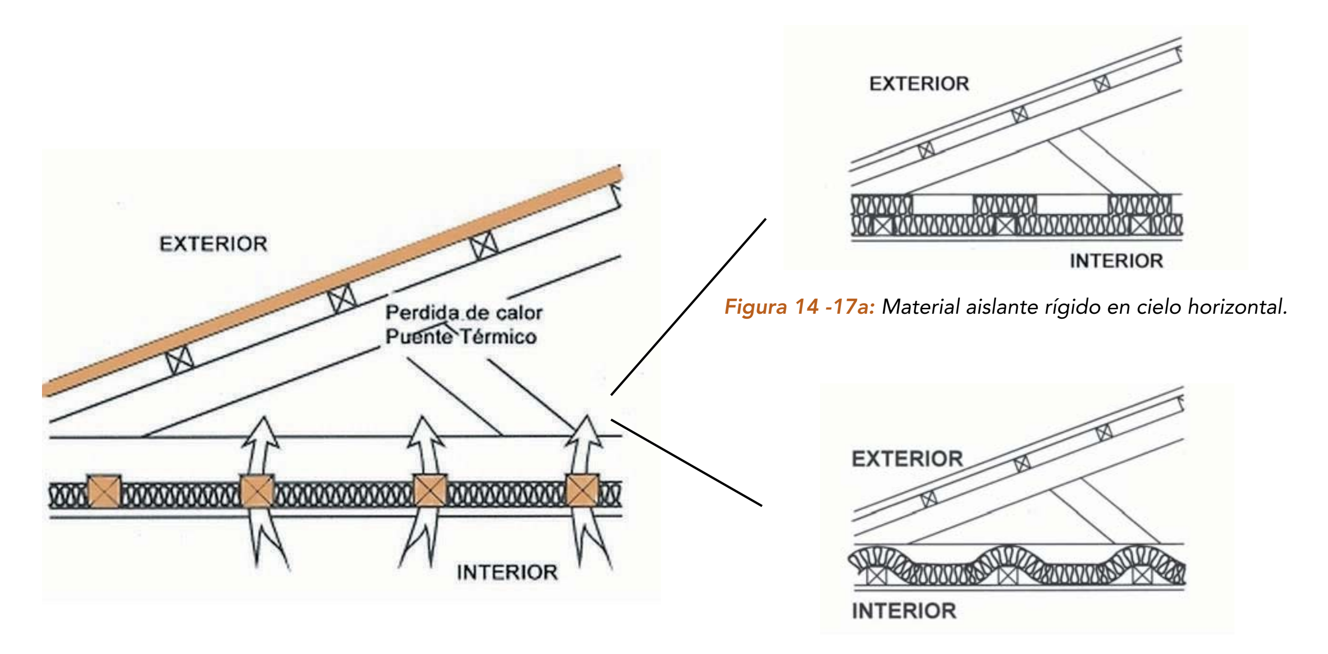


Figura 14 -17a: Material aislante rígido en cielo horizontal.

Figura 14 – 17b: Material aislante flexible en cielo horizontal.

Figura 14 – 17: La colocación del material aislante debe ser continua por el cielo (sea éste flexible o rígido), Figura 14 –17a y 14-17b para evitar los puentes térmicos por intermedio de la estructura soportante de éste.

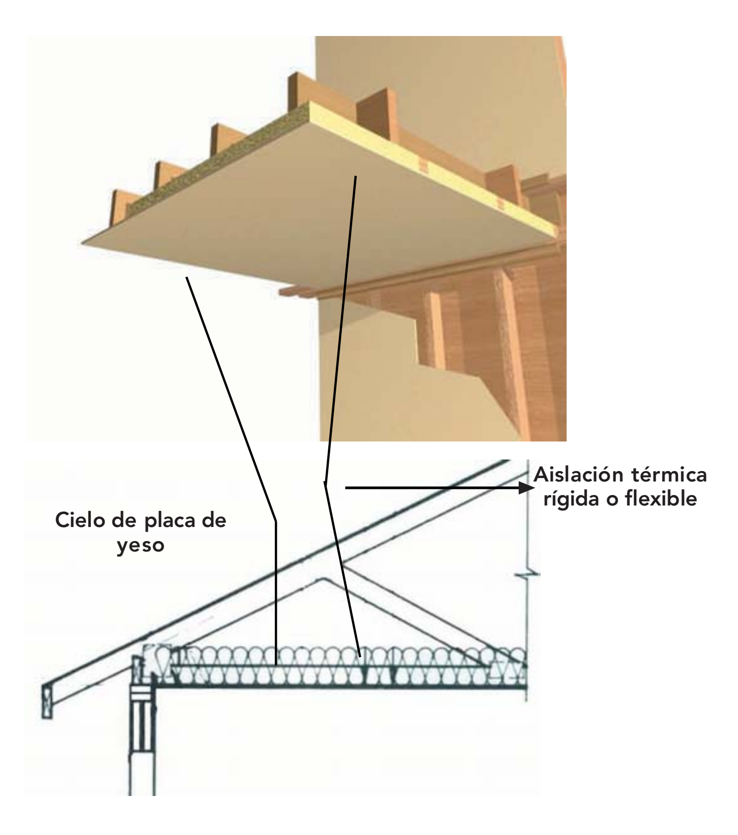


Figura 14 -18: Aislación en cielo, de espesor según norma.

El procedimiento y cuidado que se debe tener al instalar la aislación térmica en el complejo de techumbre es :

- Colocar el aislante en el borde exterior de la superficie del cielo a cubrir (perímetro) y desplegar el rollo (en el caso que sea lana de vidrio y lana roca) hacia el centro.



Figura 14 - 19: Colocación y despliegue del rollo de aislación de lana de vidrio o roca, entre los listones donde irán colocadas planchas de yeso del cielo.

- El aislante debe extenderse lo suficiente para cubrir la parte superior de las paredes exteriores, sin bloquear la ventilación proveniente de los aleros.



Figura 14 - 20: Extender el aislante en forma continua por el entramado de cielo.

- Se debe mantener el aislante como minimo a 8 cm de las luces empotradas. Si se coloca el aislante sobre un artefacto eléctrico, se corre el riesgo de que se recaliente e incendie. También se debe mantener la misma distancia de 8cm para los artefactos de calefacción o que produzcan calor.



Figura 14 - 21: Se observa el cuidado que se debe tener de no atracar el aislante al foco empotrado en el cielo.

14.2.3.2.2 Aislación térmica en cielos inclinados bajo vigas

Cuando dichos techos cuentan con aislamiento entre el recubrimiento del cielo raso y el tablero intermedio, se pueden producir problemas de condensación, debido a que el espacio entre el aislamiento y el tablero de recubrimiento queda dividido en pequeños compartimentos difíciles de ventilar, por lo que cualquier humedad puede filtrarse a través de las imperfecciones de la barrera de vapor, la que puede no disiparse, sino acumularse y depositarse en el interior. Para permitir la ventilación, es necesario perforar el alma de las vigas.

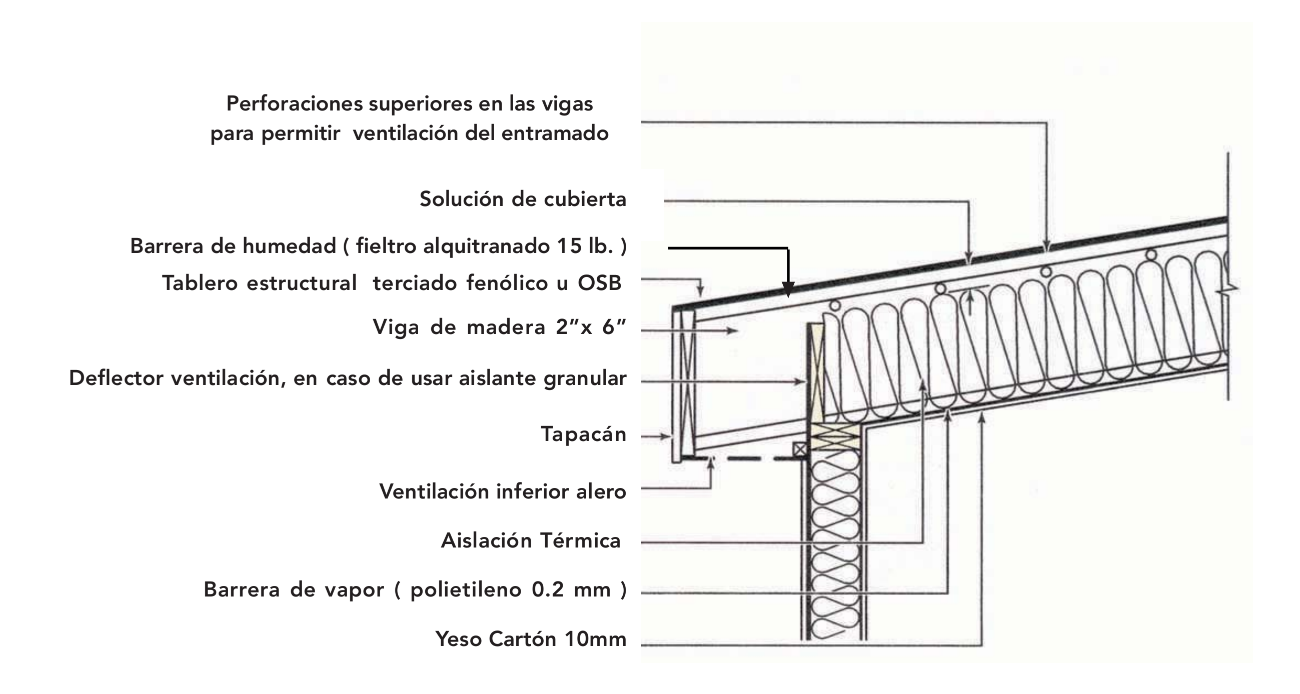


Figura 14 – 22 : Solución de aislación térmica cuando se especifica en el cielo raso y además se debe contar con ventilación entre vigas.

14.3 BARRERAS DE HUMEDAD

Las actividades normales de una casa, tales como cocinar, lavar y uso de baños, genera una cantidad considerable de vapor de agua que es absorbido por el aire interior, lo cual aumenta su nivel de humedad.

Si durante los meses fríos se permite que ese vapor de agua entre en contacto con la envoltura exterior de la vivienda, la baja temperatura en su interior puede causar que el vapor de agua se condense y transforme nuevamente en agua.

Por el daño que puede causar el agua a los materiales de recubrimiento, los elementos estructurales y el material aislante, se deben emplear algunos medios para mantener el vapor de agua dentro de la vivienda.

La mayoría de los materiales de construcción son, hasta cierto punto, permeables al paso del vapor de agua, pero hay algunos clasificados como barreras antihumedad, como el polietileno que presenta una baja permeabilidad, y por lo tanto, resistente a ese proceso de difusión, a los cuales se les denomina barreras de vapor.

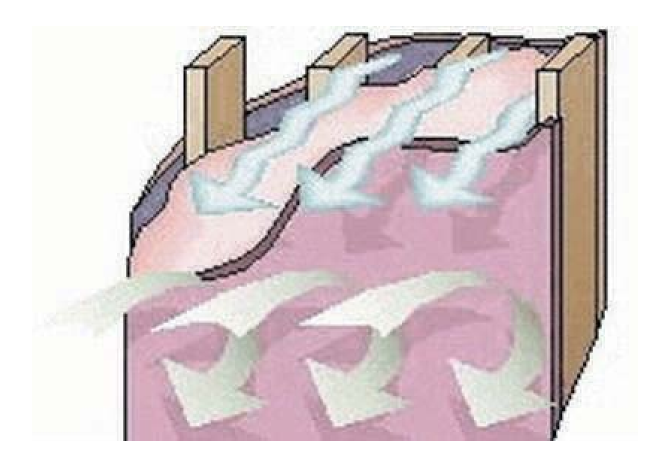


Figura 14-23: Flujo de aire y vapor al interior de la vivienda que se puede condensar, dañando el recubrimiento de los paramentos y el material aislante.

La presencia de agua libre también se puede dar por infiltración de la envolvente (agua lluvia, humedad del aire), por capilaridad (suelo de fundación, plataforma de hormigón) o por rotura de las cañerías de agua en el interior de un muro o tabique. El riesgo de daño a la estructura debido a esta acción se puede reducir protegiendo los paramentos con láminas sintéticas, llamadas **barreras de humedad.**

14.3.1 Barreras de vapor

Generalidades

Existen dos mecanismos que tienden a impulsar el vapor del agua a través de la envoltura de la vivienda:

- **la presión del vapor**
- **el movimiento de aire**

En el invierno hay más vapor de agua en el aire interior de la casa que en el exterior. Como resultado, la presión diferencial tiende a difundirlo a través de los materiales que componen la envoltura.

La mayoría de los materiales de construcción son, hasta cierto punto, permeables al paso del vapor de agua, pero aquellos clasificados como barreras de vapor (tales como polietileno), presentan baja permeabilidad y son, por lo tanto, resistentes a ese proceso de difusión.

El segundo mecanismo a través del cual el vapor de agua llega a la envoltura del edificio, es el movimiento de aire. A menudo hay diferencias de presión entre el aire del interior y el exterior de la casa, creadas por efecto de chimenea, operación de ventiladores o acción del viento.

Cuando la presión del aire en el interior es mayor que la presión en el exterior, el aire tiende a fluir hacia fuera, a través de cualquier orificio o grieta en la envoltura de la vivienda, llevando consigo el contenido de agua existente.

Es un hecho que el movimiento de aire juega un papel más importante que el mecanismo de difusión en la transmisión del vapor de agua.

El aspecto más importante de una barrera contra las filtraciones de aire es, entonces, su continuidad, ya que la eficacia de una barrera de vapor está en función directa de la misma. Muchos materiales, como las planchas de yeso-cartón, cumplen con los requisitos para barreras contra filtraciones de aire, aunque no funcionan muy bien como barreras contra el vapor.

La práctica más común es usar polietileno como barrera contra el vapor.

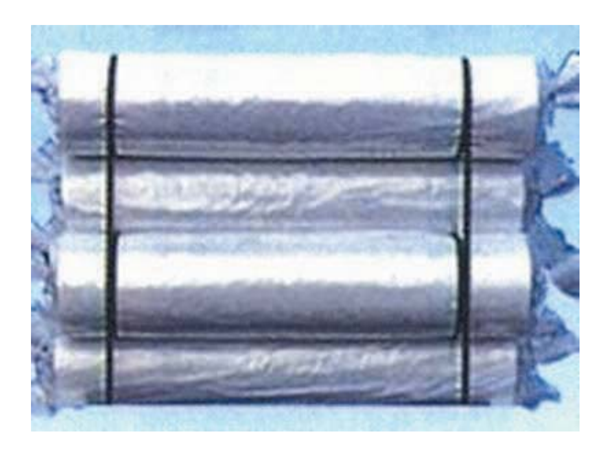


Figura 14 - 24: Polietileno en rollos.

La barrera contra el vapor tiene que ser instalada en la superficie más caliente de la estructura.

El polietileno se comercializa en rollos con anchos y largos adecuados para cubrir grandes extensiones de tabiques, obteniéndose un mínimo de juntas y reduciendo de esta forma, posibles movimientos de aire a través de esas aberturas. Cualquier junta necesaria debe ser traslapada 15 cm (traslape lateral) sobre dos elementos estructurales.

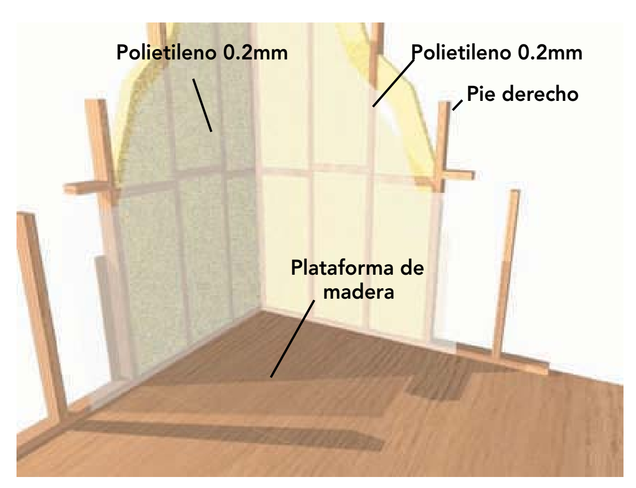


Figura 14 - 25: Fijación de barrera de vapor por el paramento interior del tabique perimetral, luego de colocada la aislación térmica.

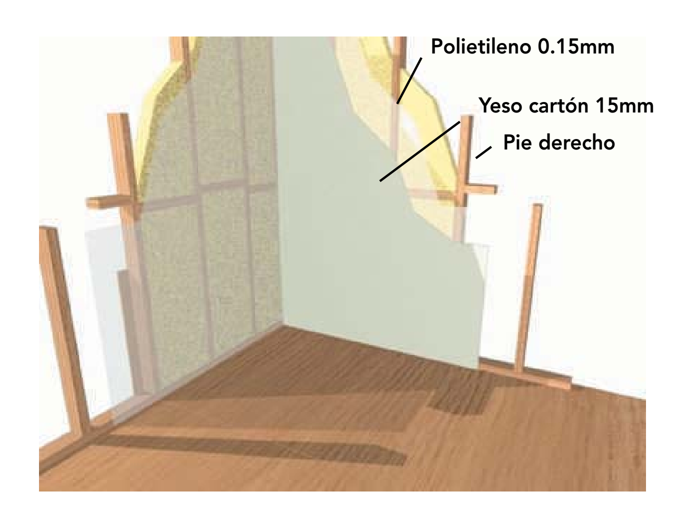


Figura 14 – 26: Colocada la barrera de vapor, se procede a la colocación del revestimiento de plancha yeso cartón.

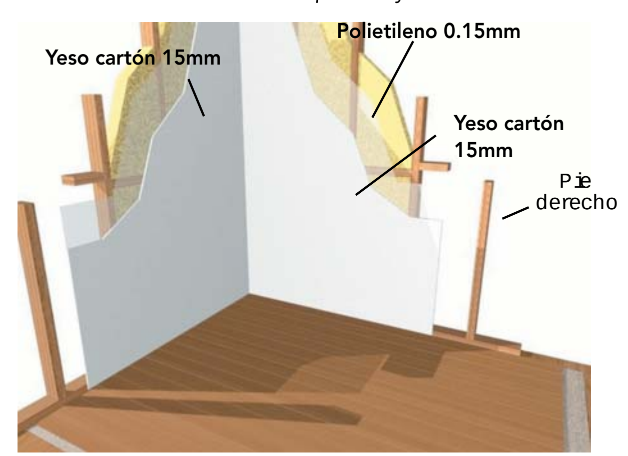


Figura 14 - 27: Fijación de la barrera de vapor en un tabique perimetral.

- La barrera de vapor debe ser traslapada y engrapada (corchetada) a los pie derecho, marcos de puertas y ventanas.

- Debe ser continua, detrás de las cajas eléctricas ubicadas en los muros exteriores. Cubriendo la caja con un trozo de polietileno, dejando sólo la perforación para los cables que entran en la caja de distribución. Este pedazo de polietileno se traslapa con el resto de la barrera de vapor del muro.

Como podemos apreciar en la **Figura 14-17**, se debe traslapar el polietileno por detrás del primer pie derecho del tabique interior, para así lograr la continuidad de la barrera de vapor.

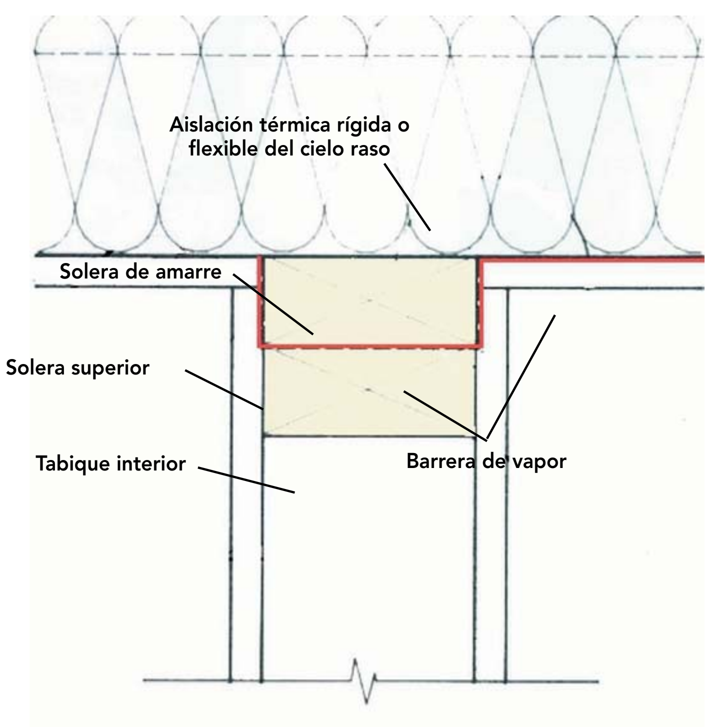


Figura 14 - 28: Continuidad de la barrera de vapor del cielo, se ha considerado entre la solera de amarre y la solera superior.

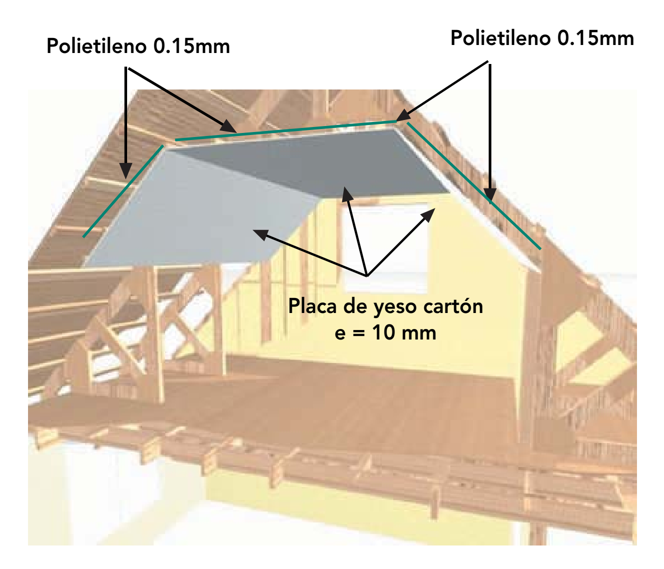


Figura 14 - 29: Fijación de la barrera de vapor en el cielo. Se debe considerar un traslape de a lo menos de 10 cm.

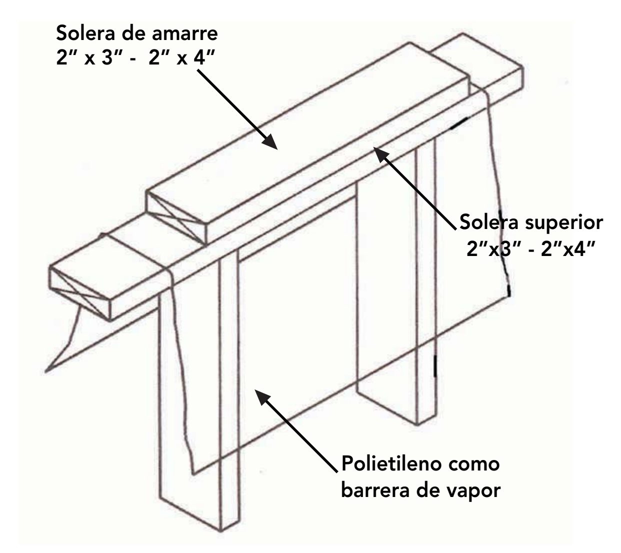


Figura 14 - 30: Sección de polietileno colocado sobre el tabique interior entre la solera de amarre y la solera superior, para el posterior traslape con la barrera de vapor colocada en el cielo.

También es necesario mencionar que la continuidad de la barrera de vapor debe ser cumplida también en el cielo de la vivienda. Es por esto que se debe colocar una sección de polietileno como barrera de vapor de al menos 45 cm de ancho, entre la solera superior y de amarre, la que a continuación debe ser traslapada sobre la barrera de vapor del cielo, generando una barrera continua sobre las divisiones interiores (Figura 14-30).

14.3.2 Instalación de la barrera de humedad

La barrera de humedad es una lámina sintética, colocada por la cara exterior del tabique y en la cubierta, cuya función es aislar la envolvente de humedad y de posibles infiltraciones de agua lluvia.

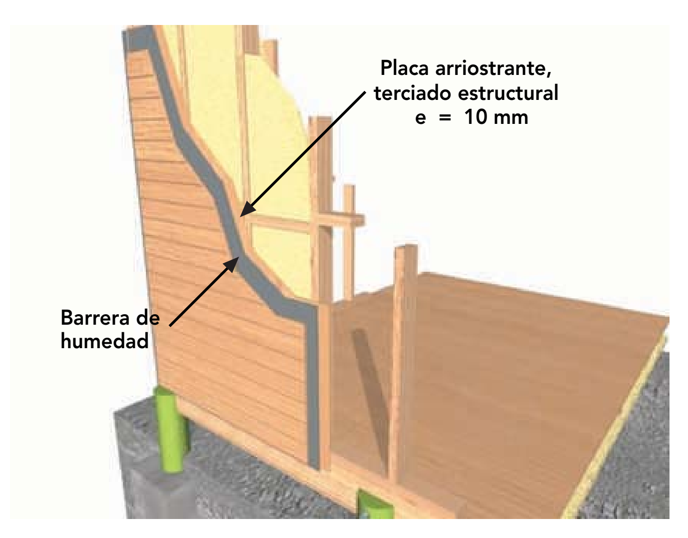


Figura 14 - 31: Fijación de la barrera de humedad.

Se debe colocar en forma continua sobre toda la superficie de la placa estructural de cubierta, antes de colocar la solución de cubierta correspondiente. Se debe comenzar en la base de la estructura de techumbre y traslaparla 10 a 15 cm en el sentido contrario a la dirección del viento.



Figura 14 - 32: Colocación continua de la barrera de humedad en la cubierta.

Se debe envolver la vivienda completa, incluyendo la superficie de vanos de puertas y ventanas.

- La sujeción de la barrera de humedad se debe hacer con clavos con una cabeza plástica o con sujetadores especiales, para prevenir el rompimiento de ésta, colocando como mínimo tres en la parte superior, media e inferior.

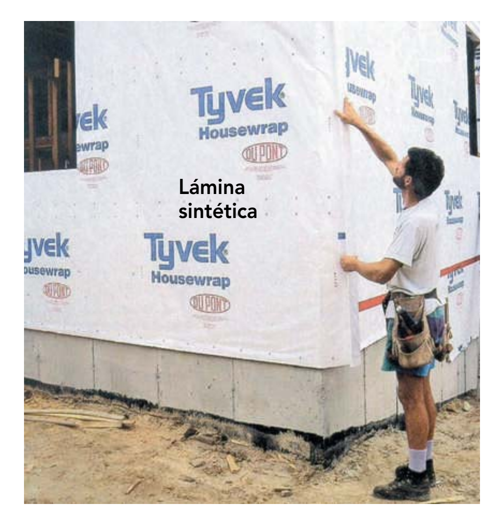


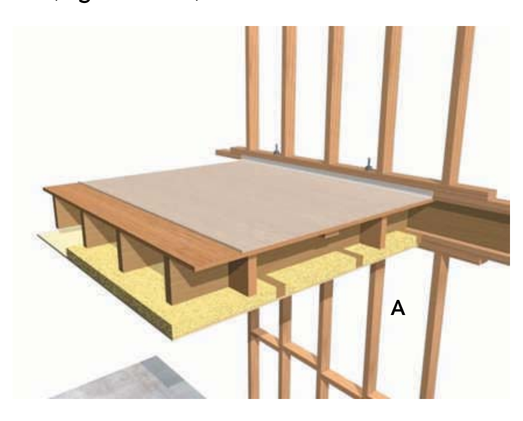
Figura 14 - 33: Fijación de la barrera de humedad (lámina sintética).

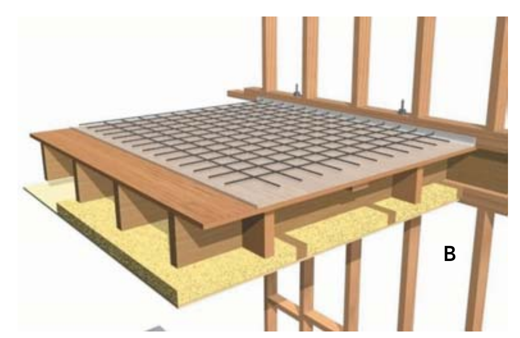
- En los perímetros de tabiques y alrededor de vanos de puertas y ventanas, las fijaciones deben ir cada 10 cm.



Figura 14 - 34: *Colocación de la barrera de humedad en el rasgo de ventana desde el paramento exterior hacia el interior.*

Una vez colocada la barrera de humedad en puertas y ventanas, se deben doblar las aletas del lado y fondo hacia el interior del vano de la ventana y sujetar cada 15 cm (**Figura 14-34**).





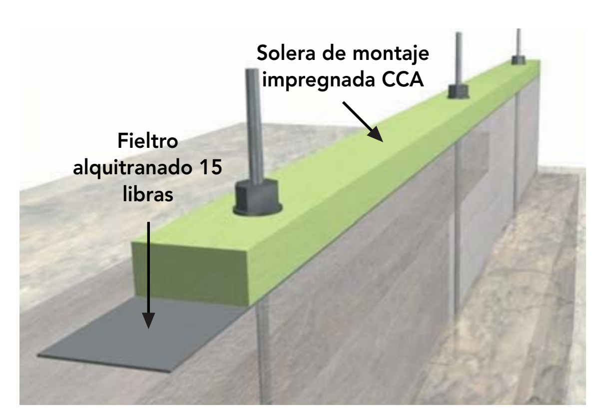


Figura 14 - 35: *Barrera de humedad, fieltro alquitranado de 15 libras, que protege la solera de montaje instalada en la fundación continua.*

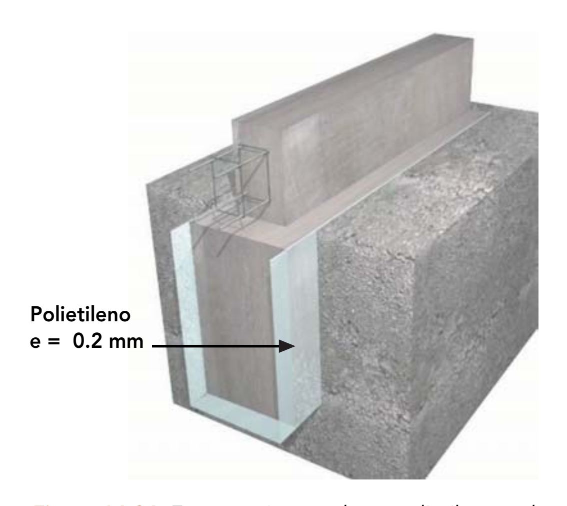


Figura 14-36: *Es conveniente colocar polietileno en las paredes de la excavación, lo que permite no contaminar el hormigón cuando se está colocando y proteger a la fundación de la humedad por capilaridad del terreno.*

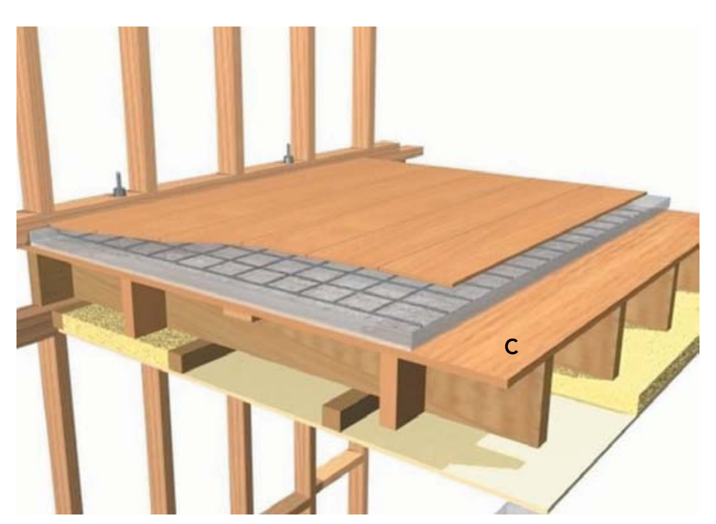


Figura 14-37: ***A*** *Instalación de barrera de humedad de polietileno especial, espesor 10 mm, sobre el entrepiso que cumple el objetivo de impedir el paso de humedad y de barrera acústica.* ***B*** *Instalación de malla electro soldada, fierro de diámetro de 4.3 mm como refuerzo de la loseta acústica.* ***C*** *Loseta de hormigón gravilla de H18, solución de piso, moldura Pino radiata de 1x 4 machihembrada.*

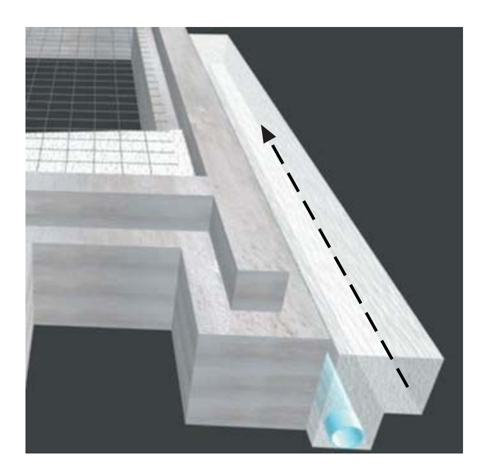


Figura 14-38: *En terrenos con presencia de agua es recomendable instalar en el fondo de la excavación un tubo de P.V.C. perforado que evacúe las aguas al punto más bajo y rellenar la excavación con material granular. Además, de incorporar un aditivo hidrófugo al hormigón de fundación.*

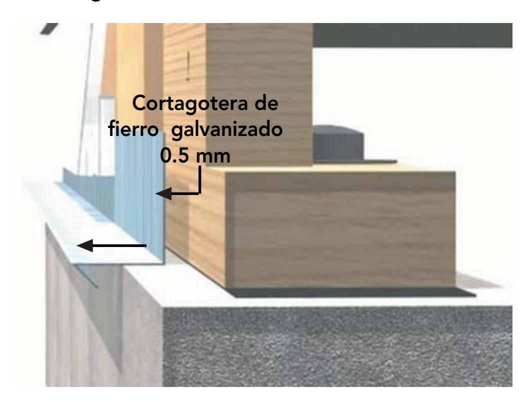


Figura 14-39: *Como complementación a la protección de la solera de montaje y revestimiento exterior en el caso de fundación continua, es recomendable instalar cortagotera de fierro galvanizado, que permite eliminar el agua lluvia de dicho sector.*

14.4 VENTILACIÓN EN LA VIVIENDA

14.4.1 Generalidades

La ventilación en la vivienda o en cualquier lugar habitable resulta fundamental para mantener una calidad de aire interior aceptable y control de los niveles de humedad interna, en beneficio de la salud y bienestar de sus ocupantes.

Si no se controlan los niveles de humedad interna se está promoviendo la presencia de hongos y mohos, que pueden repercutir también en la salud. Un aspecto tan importante como lo anterior, es la preocupación por preservar la envolvente de la vivienda, ya que la humedad que migra desde el interior hacia el exterior puede condensarse en la superficie interior de la envolvente o en los intersticios de la estructura, pudiendo causar serios daños a la madera.

En caso de climas cálidos y húmedos es uno de los factores de mayor importancia que permite facilitar el acercamiento a las condiciones de confort.

Como se deduce, la necesidad de ventilar resulta fundamental para el confort al interior de la vivienda y para asegurar un adecuado comportamiento higrotérmico. Cabe señalar que la ventilación por sí sola no asegura un buen comportamiento frente a los fenómenos de condensación. La ventilación debe acompañar una buena aislación térmica a la envolvente de la vivienda.

La ventilación se realiza principalmente por dos medios:

- Ventilación natural (generalmente abriendo ventanas)
- Ventilación forzada, a través de algún sistema mecánico de ventilación que extrae aire desde el interior

Las causas más comunes de una ventilación deficiente son:

- Mal emplazamiento de la vivienda con respecto a los vientos predominantes
- Presencia de una sola abertura, lo cual no permite movimiento de aire en toda la vivienda, sólo en las cercanías de la ventana
- Incorrecta ubicación de ventanas y elementos constructivos de la misma que impiden al aire circular en el interior de la vivienda

Para obtener una buena ventilación en el interior de una vivienda, debemos disponer de ventilación “cruzada”, es decir, con entrada y salida de aire.

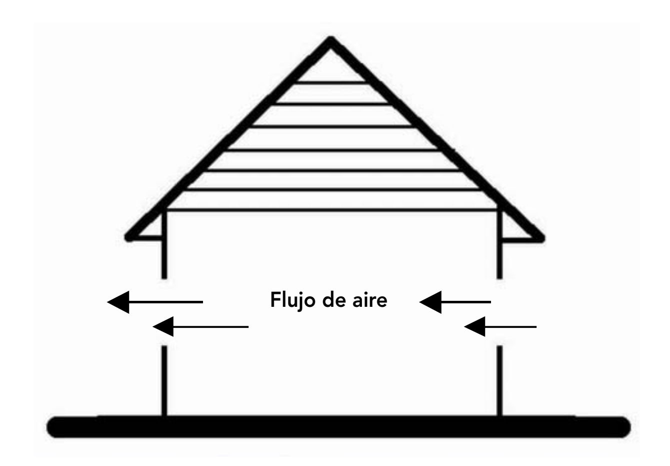


Figura 14 - 40: *Ventilación cruzada natural.*

En muchas viviendas, el problema se resuelve abriendo puertas intermedias, lo que implica un problema del punto de vista de la intimidad y funcionalidad de los ambientes. La ubicación de ventanas y aleros va a determinar también el comportamiento del flujo de aire en el interior de la vivienda, de acuerdo a la ubicación y tamaño de las ventanas.

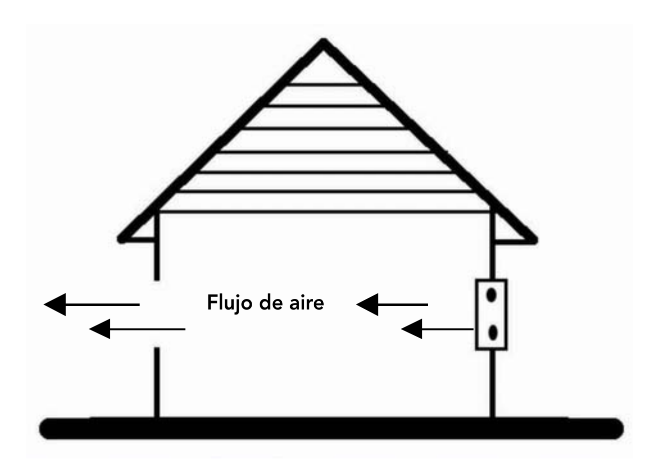


Figura 14 - 41: Ventilación forzada.

14.4.2 Comportamientos esperados en la ventilación natural

La posición de la abertura de entrada y alero de la vivienda ejerce una influencia determinante sobre la trayectoria vertical del aire.

Como podemos apreciar en la **Figura 14-42**, el viento no penetra por la abertura debido a que la fuerza resultante en ese punto tiene una componente vertical muy fuerte, ya que no existe alero en esa posición.

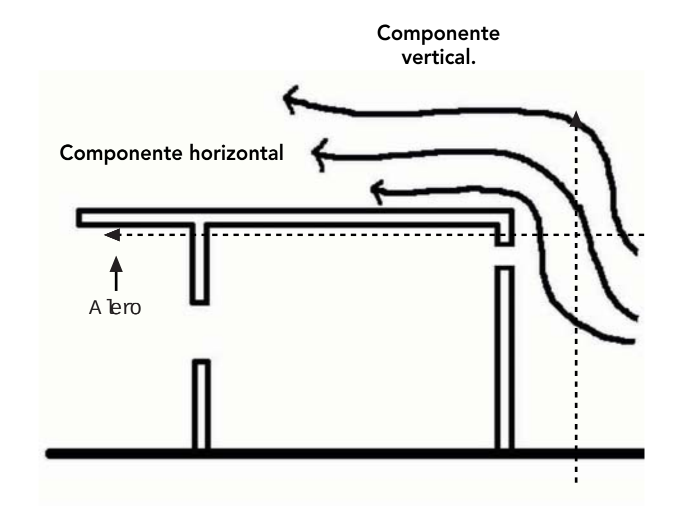


Figura 14 - 42: Posición de la abertura y alero y su implicancia en las componentes verticales y horizontales del viento (A).

En la **Figura 14 – 43** se ha modificado la dirección de la fuerza resultante, mediante un alero de 40 a 50 cm ubicado en la parte superior. Eso hace que el viento penetre por la abertura, conservando una trayectoria cercana al techo.

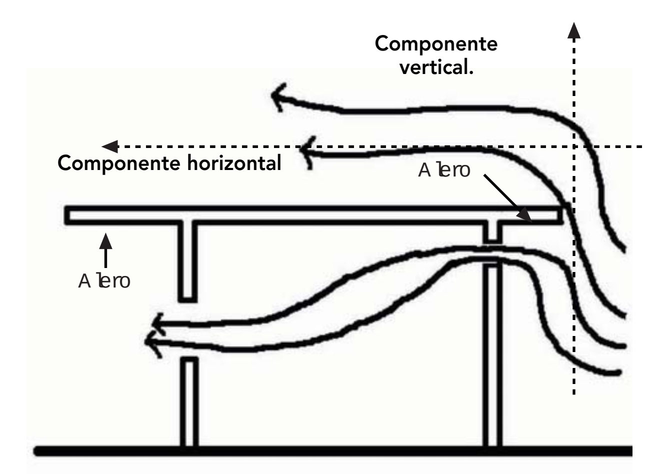


Figura 14 - 43: Posición de la abertura y alero y su implicancia en las componentes verticales y horizontales del viento (B).

Si se analiza en planta la vivienda (**Figuras 14 - 44 y 45**), la posición de las aberturas de muro ejerce una influencia determinada sobre la trayectoria horizontal del aire.

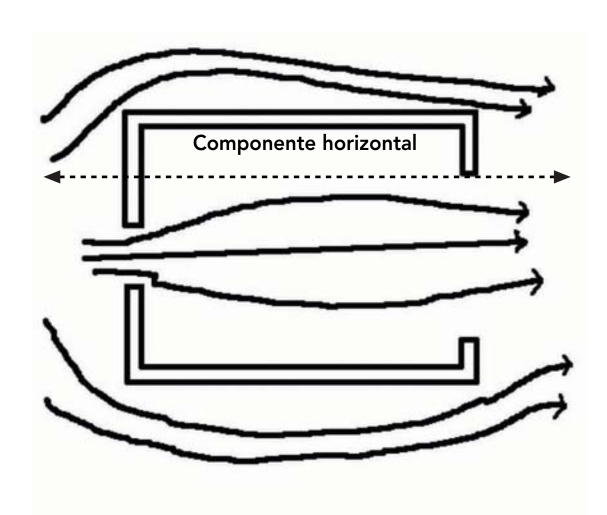


Figura 14 - 44: Trayectoria en planta de las corrientes de aire con ventilación cruzada. Buena ventilación interior.

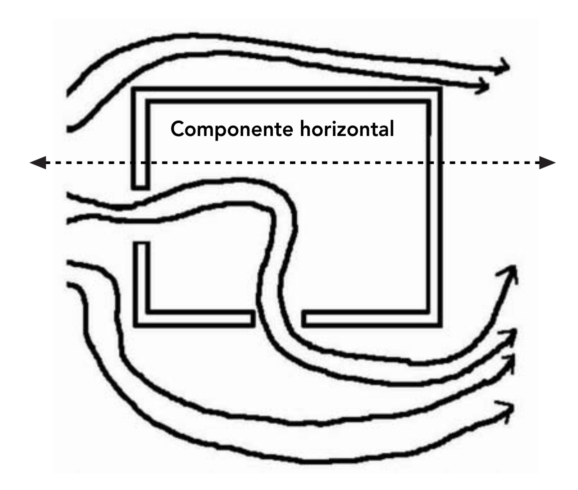


Figura 14 - 45: *Trayectoria en planta de las corrientes de aire con ventilación lateral. Mala distribución interior de la ventilación.*

El diseño de las ventanas es uno de los factores que más incide en la dirección final del aire.

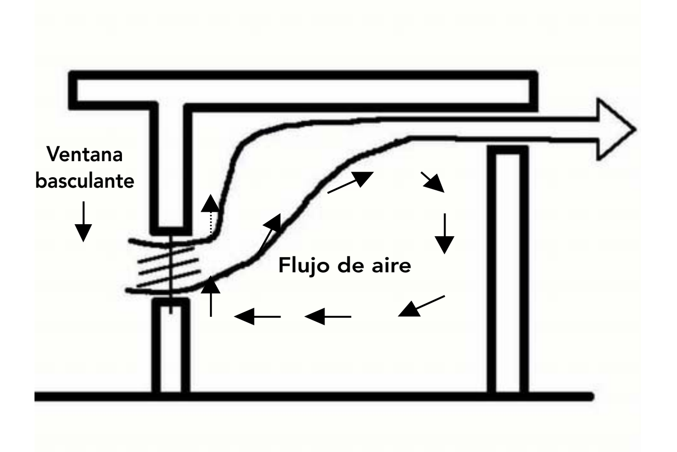


Figura 14 - 46: *Ventilación por medio de una ventana basculante.*

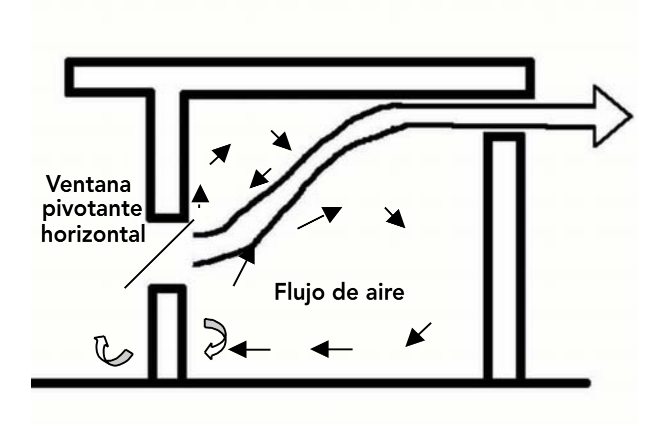


Figura 14 - 47: *Ventilación por medio de una ventana pivotante horizontal.*

Cuando el alero está despegado de la fachada, el aire se dirigirá hacia abajo, siempre y cuando no intervengan otros factores que modifiquen su trayectoria.

En un ambiente de estar, en que los usuarios están sentados en diversos puntos, la situación más desfavorable es la que logra una velocidad igual en todos los puntos, y el flujo afecta a una capa de 0,60 a 1,30 metros por encima del piso.

En los dormitorios debería mantenerse el flujo de aire en movimiento a una altura levemente superior al nivel de las camas, entre 0,40 y 0,80 metros sobre el nivel del suelo.

Como conclusión, se puede distinguir en relación con la posición de las ventanas, los siguientes casos:

- Ventanas bajas de ingreso y egreso, producen buena ventilación a nivel de los ocupantes.
- Ingreso bajo y egreso alto, determinan un buen comportamiento del flujo.
- Ingreso alto, producen mala distribución a pesar del egreso bajo.
- Ingreso al medio del muro, producen una distribución aceptable a nivel de las personas.
- Ingreso bajo y egreso a medio nivel, provee una aceptable ventilación cruzada.

Para situaciones climáticas con baja velocidad de vientos se puede reforzar la ventilación, convirtiendo algunas paredes en ventanas y si es necesario, utilizando apoyo mecánico.

14.4.3 Soluciones generales para la ventilación de la vivienda

- Se debe incluir la colocación de protecciones para los vientos en aberturas cuando el clima es menos templado o muy frío. Estas protecciones deben considerar la orientación de los vientos dominantes.

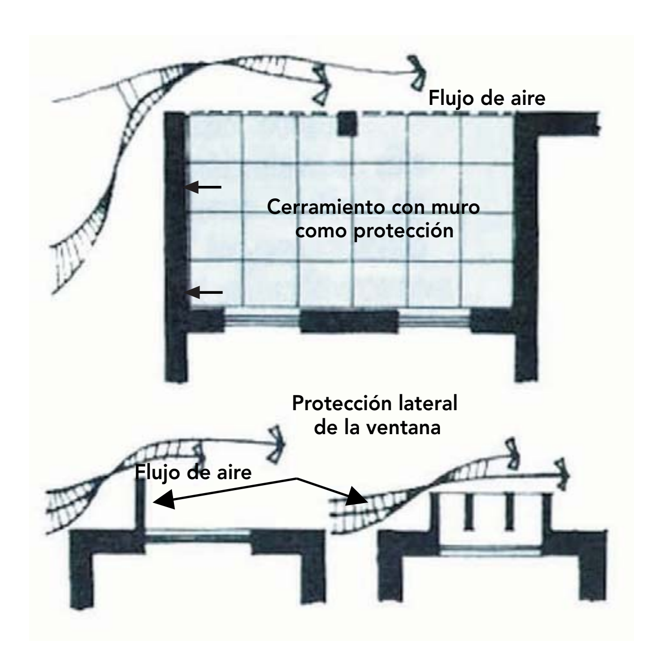


Figura 14 – 48: *Protección de las aberturas.*

- En lugares muy expuestos al viento, se aconseja organizar las viviendas alrededor de patios amplios, para reducir los efectos del viento y facilitar el adecuado ingreso solar. Esto permite realizar actividades al exterior en esa área protegida.

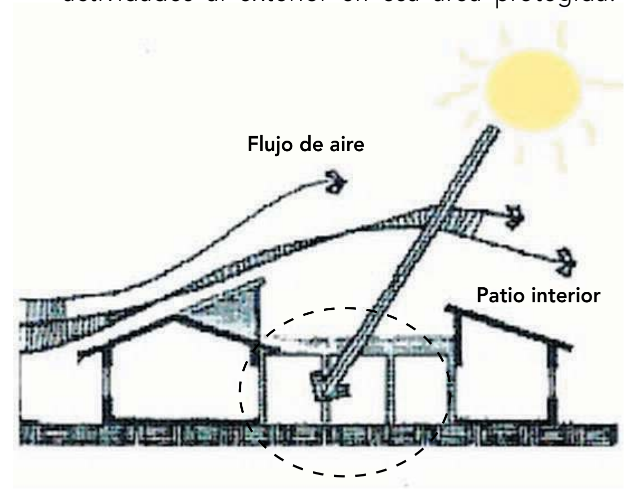


Figura 14 – 49: *Utilización de patios para la protección de los vientos.*

- Ubicar el acceso de la vivienda a sotavento, es decir, en el área de protección del viento dada por la vivienda.

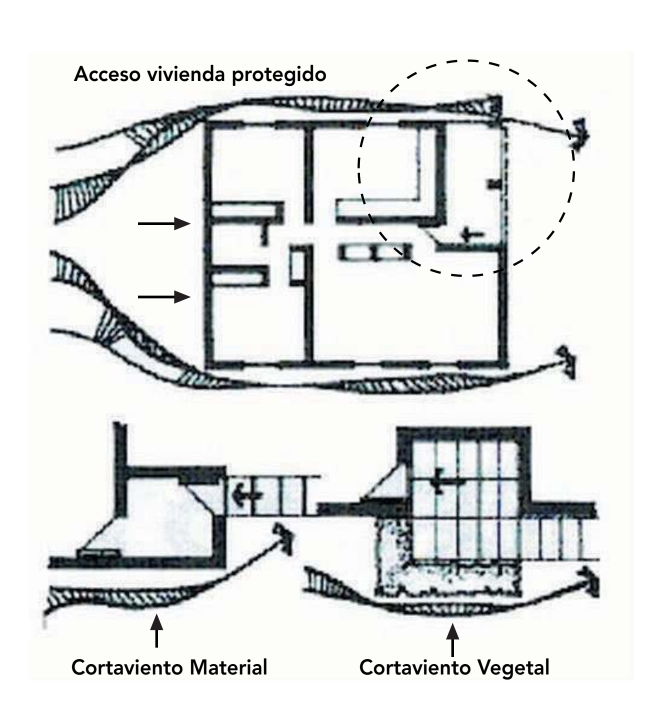


Figura 14 – 50: *Ubicación y protección del acceso a la vivienda.*

- Tener en cuenta la orientación de las pendientes de techos, a fin de que no se opongan a vientos dominantes, sino que faciliten su flujo laminar, permitiendo el mínimo intercambio de energía.

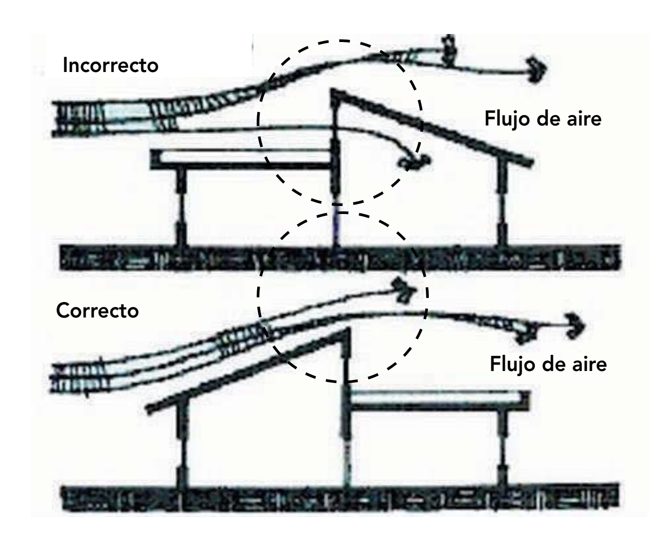


Figura 14 – 51: *Orientación y pendientes de los techos.*

- Dejar prevista la extracción de aire caliente, que se estratifica por debajo de la cubierta, mediante diseños que facilitan el efecto chimenea, el cual por diferencia de densidad del aire genera un movimiento convectivo, introduciendo aire fresco y eliminando el caliente estratificado.

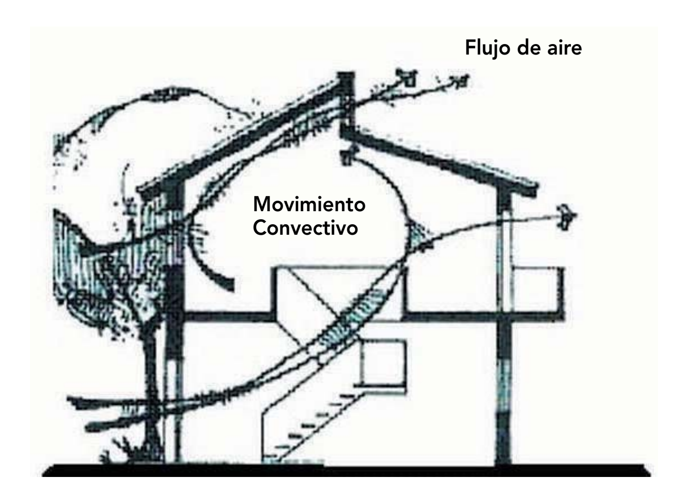


Figura 14 – 52: Orientación y pendientes de techos.

- No colocar tabiques internos en lugares próximos al acceso del viento, ya que reducirá su velocidad al cambiar bruscamente de dirección. Con el objeto de incrementar la capacidad de enfriamiento por ventilación cruzada, situar las entradas de aire cerca del piso y las salidas próximas al techo.

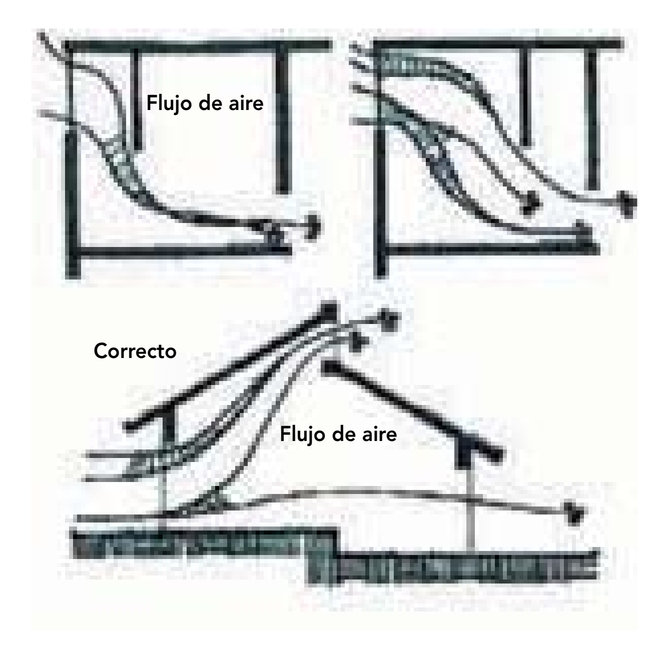


Figura 14 – 53: Incrementar la capacidad de ventilación cruzada.

14.4.4 Ventilación del complejo de techumbre en una vivienda

En una vivienda, los respiraderos de alero y techo (a dos aguas) combinados crean una circulación positiva de aire, siempre que se proporcione, por lo menos, dos aberturas de ventilación, una de entrada y otra de salida (Figura 14-55).

Los respiraderos instalados en cumbreras, cuando se usan en forma adecuada con las aberturas bajo el alero, son la forma más eficaz de ventilar, porque permiten el movimiento uniforme de aire caliente y húmedo del entretecho (Figura 14-56).

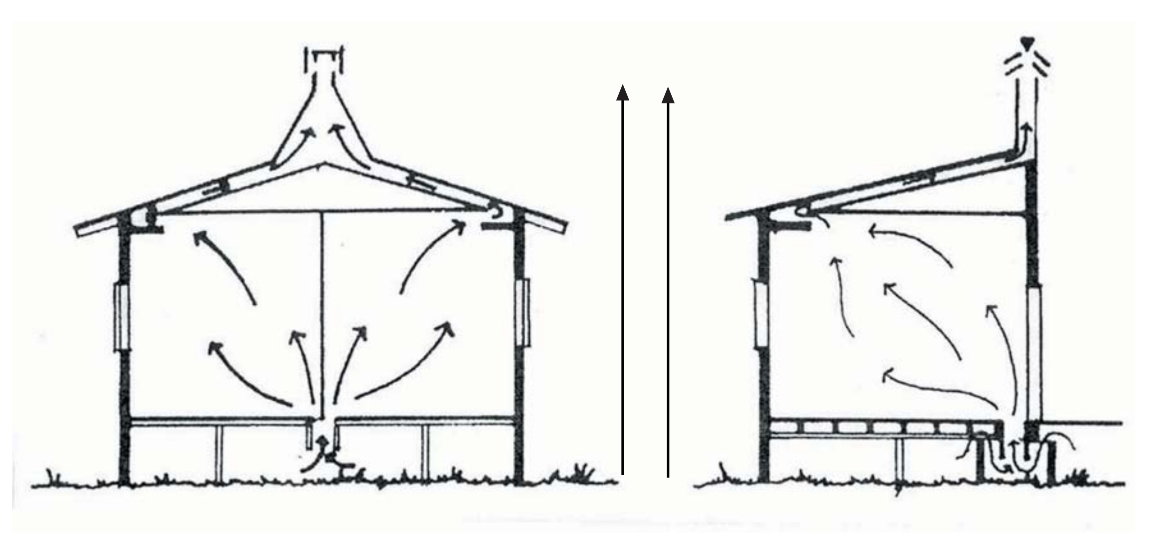


Figura 14 – 54 : Efecto chimenea.

Podemos utilizar la propia conformación de la vivienda para reforzar el "efecto de chimenea solar " (**Figura 14-54**), ingreso de aire fresco y extracción del caliente por diferencias de temperatura y presión.



Figura 14 – 55: Ventilación en la estructura de techumbre.

Para que una ventilación de cumbrera funcione correctamente, ésta debe diseñarse de manera que cree un flujo que extraiga el aire del entretecho en la cumbrera e introduzca aire por los aleros (Figura 14 - 58).



Figura 14 – 56: Flujo de aire por la cumbrera de la techumbre.

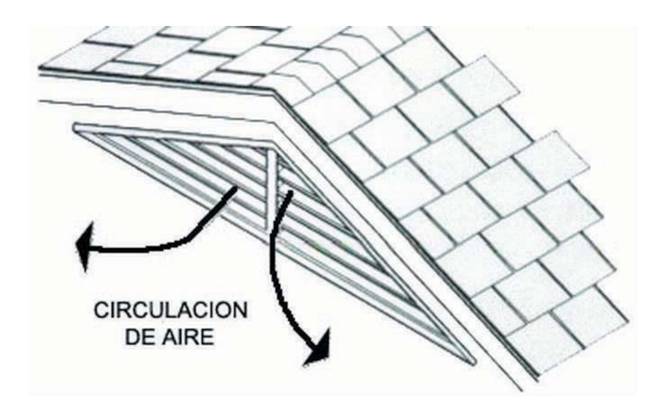


Figura 14 – 57: Flujo de aire por frontón de la techumbre.

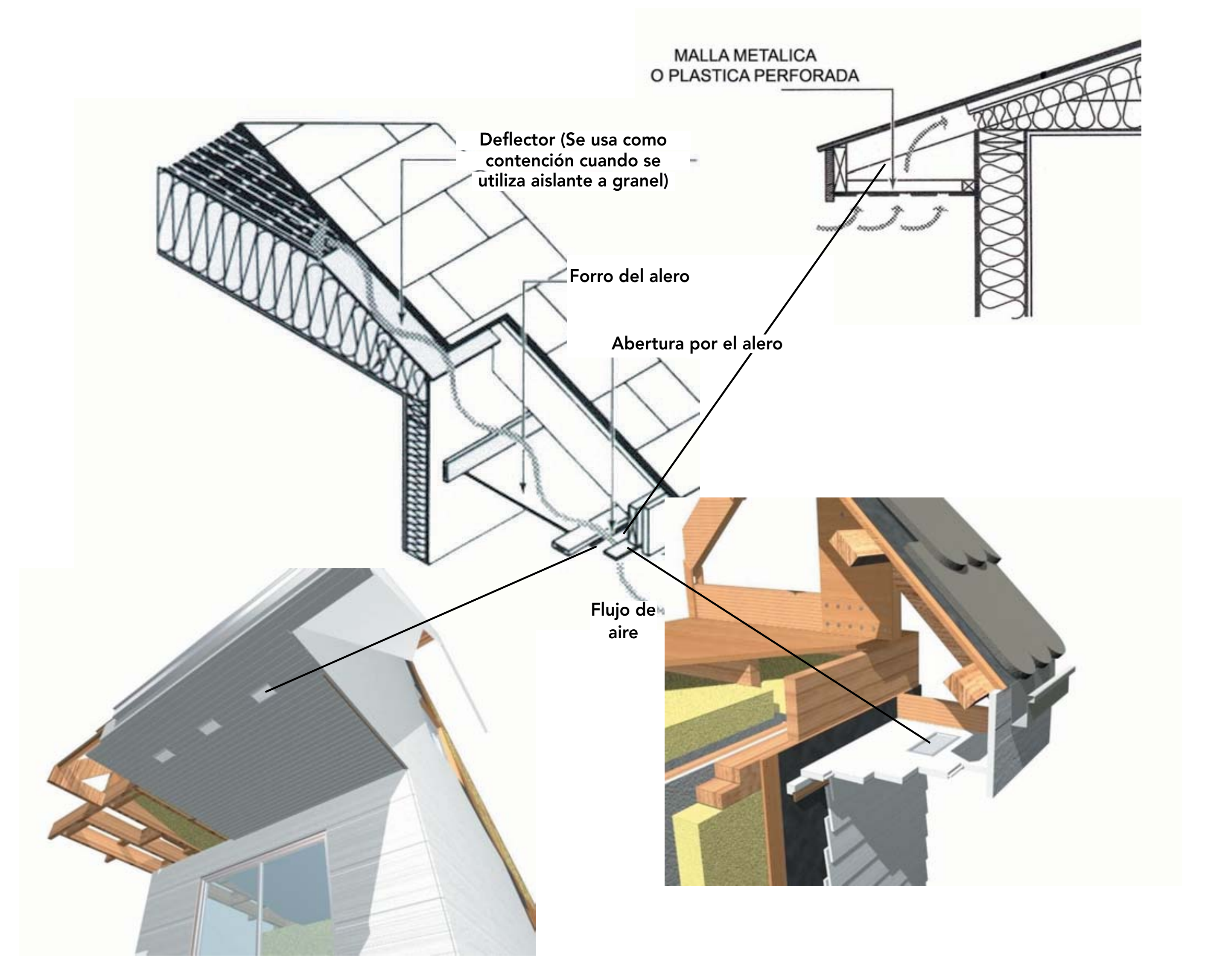


Figura 14 – 58: Ventilación por el alero.

Como regla general, cuando se usa barrera de vapor (polietileno colocado en la cara interior del tabique), debe haber un (1) metro cuadrado de abertura para ventilación por cada 28 m2 de superficie del entretecho.

Cuando no se requiere una barrera de vapor, se recomienda un metro cuadrado de abertura para ventilación por cada 14 m2 de superficie del entretecho.

Las salidas de ventilación y aislamiento del cielo falso del alero deben instalarse de forma tal, que el aire fluya libre entre las ventilaciones y alcance todas las áreas de la techumbre.

Las ventilaciones de techumbre tienen que impedir la entrada de agua, nieve o insectos al mismo tiempo y deben estar construidas de metal o plástico, equipadas con rejillas de ventilación.

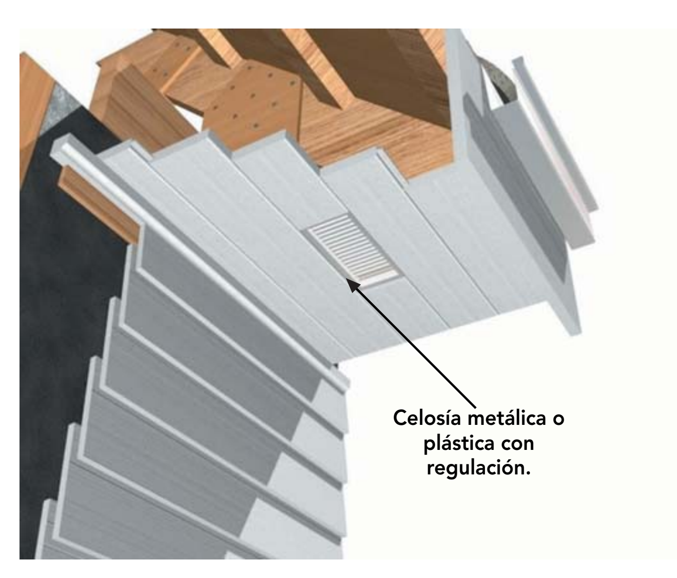


Figura 14 -59: Celosía colocada en el alero cada 50 cm, lo que permite ventilar el entretecho.

14.4.5 Consideraciones generales de ventilación en un recinto, según la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC)

La OGUC en el Titulo 4 de Arquitectura, Capítulo 1, condiciones de habitabilidad, en su artículo 4.1.1, menciona que en las edificaciones o parte de ellas destinadas a vivienda se considerarán:

- **Locales habitables:** destinados a la permanencia de personas, tales como dormitorios o habitaciones, comedores y salas de estar, en el caso de viviendas.

- **Locales no habitables:** destinados al tránsito o estadía esporádica de personas, tales como baños, cocinas, salas de vestir, lavaderos, vestíbulos, galerías o pasillos.

Los locales habitables tendrán una altura mínima de 2,35 m de piso a cielo, medida en obra terminada, salvo bajo pasadas de vigas, instalaciones horizontales y áreas menores de recintos, ubicadas directamente bajo techumbres inclinadas.

La medida vertical mínima de pasadas peatonales bajo vigas o instalaciones, será de 2 m, en obra terminada.

El estándar de terminaciones de edificaciones que contemplen locales habitables, no podrá ser inferior al definido en la Ordenanza como obra gruesa habitable.

Articulo 4.1.2. Los locales habitables deberán tener al menos una ventana que permita la entrada de aire y luz del exterior. Sin embargo, se admiten ventanas fijas selladas, siempre que contemplen ductos de ventilación adecuados o sistemas de aire acondicionado conectados a un grupo electrógeno automático, y que no se trate de dormitorios o recintos en los que se consulten artefactos de combustión de cualquier tipo.

Los locales no habitables sin ventanas o con ventanas fijas, deben ventilarse a través de un local habitable, o bien, contemplar algún sistema de renovación de aire.

14.5 AISLACIÓN ACÚSTICA

14.5.1 Generalidades

En Chile, la mayor parte de las construcciones carece de protección acústica, fundamentalmente debido a la mayor utilización de formas más ligeras de construcción.

Una suficiente protección acústica de los recintos de las viviendas se hace cada vez más indispensable si se desea mantener una buena calidad de vida, debido al constante aumento de contaminación acústica en las ciudades.



Figura 14 – 60 : Transferencias de sonido al interior de una vivienda.

14.5.2 Conceptos fundamentales

14.5.2.1 Sonido

El sonido es entendido como oscilaciones y ondas de un medio elástico propagadas en forma de movimientos ondulatorios, moviéndose las células del material estimulado en torno a su posición inicial, lo que produce una sensación auditiva.

14.5.2.2 Tono

Es la oscilación acústica en forma de sinusoide.

14.5.2.3 Frecuencia

Número de oscilaciones por segundo. Cuando aumenta la frecuencia crece la altura del tono. La unidad en que se mide la frecuencia es el Hertzio (Hz):

1 Hz = 1 oscilación por segundo.

El hombre puede percibir en un umbral de frecuencia que abarca desde los 16 Hz hasta 16.000 Hz.

La propagación del sonido se produce en forma de movimiento ondulatorio, moviéndose las moléculas del material estimulado en torno a su posición inicial. Estas chocan contra las partículas contiguas, que a su vez comienzan a oscilar, por lo tanto, el sonido no es un desplazamiento de partículas, sino la transmisión de un movimiento vibratorio.

14.5.2.4 Ruido

Conjunción de sonidos de frecuencia irregular. Se distinguen:

- **Ruido aéreo:** sonido transmitido por el aire.
- **Ruido sólido:** sonido transmitido por cuerpos sólidos.
- **Ruido de impacto:** sonido transmitido por el impacto de dos o más cuerpos sólidos.

Un sonido transmitido por el aire al llegar a un material sólido lo hará oscilar, con lo que se habrá realizado una conversión en ruido sólido. Al devolverse esta oscilación del material al aire del espacio adyacente vuelve a originarse un ruido aéreo, aunque más reducido, ya que la estructura del material atravesado actúa como un freno.

Es por esto que se recomienda proyectar elementos constructivos pesados o compuestos por varias capas.

En el caso del ruido por impacto (por tratarse de un ruido sólido), puede efectuarse un desacoplamiento introduciendo capas blandas elásticas en la materialización de la plataforma, que impide la propagación de la onda acústica, ya que ésta sólo se transmite a través de materiales sólidos.

14.5.2.5 Nivel de presión acústica

En el nivel físico de intensidad sonora (medida a través de la presión sonora acústica), el oído transforma las presiones sonoras en sensaciones auditivas, siendo su sensibilidad limitada, es decir, no percibe de la misma forma todas las frecuencias.

El nivel de presión acústica se mide en decibeles. Un decibel (db) es el más pequeño cambio de sonido audible para el oído humano y 120 decibeles es el límite máximo o punto sensible.

Como información general, en la siguiente tabla se entrega la intensidad de algunos sonidos:

INTENSIDAD	(db)	ORIGEN
Ensordecedor	120 110 100	Umbral del dolor Frenada de auto Martillo neumático
Muy fuerte	90 80	Vehículo sin silenciador Bocina de automóvil
Fuerte	70 60	Taller ruidoso Calle comercial con tráfico
Moderado	50 40	Calle con poca circulación Vivienda
Débil	30 20	Vivienda en barrio de baja densidad Conversación moderada
Muy débil	10	Conversación en voz baja

Tabla 14 - 1: Intensidad de los sonidos.

El control del ruido se puede realizar dentro de un ambiente determinado, lo que se designa como corrección acústica. Cuando se controla su transmisión a otro recinto se llama **Aislación Acústica**.

La aislación acústica en una vivienda de madera situada en un sector urbano de regular intensidad sonora se resuelve con los materiales comúnmente conocidos que se utilizan para su materialización. Sin embargo, contribuye sustancialmente la cámara de aire que queda incorporada en el interior de los entramados verticales, horizontales e inclinados que se aprovecha para la incorporación del material aislante y las instalaciones sanitarias, gas y eléctrica.

Cuando el nivel sonoro externo es mayor y excede la capacidad de aislación del sistema constructivo empleado, pueden usarse materiales absorbentes para reforzar la obtención de un adecuado nivel acústico al interior de la vivienda.

14.5.2.6 Corrección acústica

La corrección acústica se realiza una vez resuelto el requerimiento de aislación acústica con el exterior de la vivienda.

Consiste básicamente en establecer la utilización de materiales adecuados al interior de la vivienda, de modo que la superficie expuesta de ellos mantenga las condiciones de agrado respecto de un determinado nivel acústico.

Para ello se debe tener presente, que las superficies duras y lisas son por lo general muy reflexivas a las ondas sonoras, como lo son, por ejemplo, los pavimentos o muros revestidos con cerámica, estucos y baldosas.

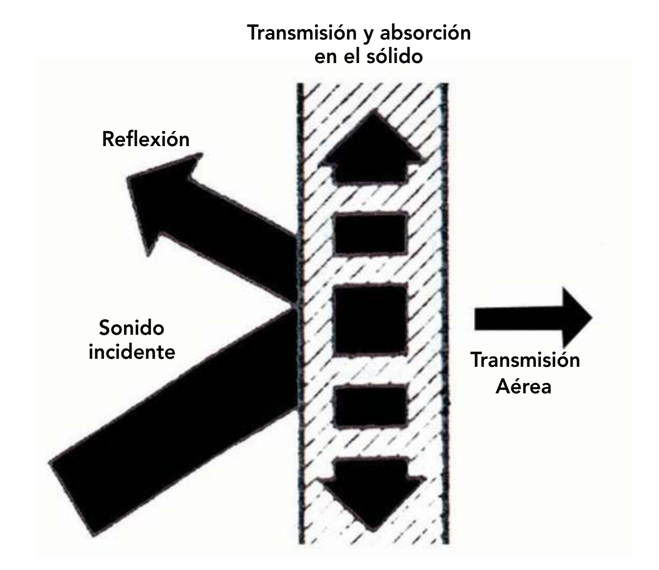


Figura 14 – 63 : Transmisión del sonido en un sólido.

Por el contrario, una superficie puede ser muy absorbente si su revestimiento es poroso, como lo puede ser la utilización de alfombras o aislantes de tipo fibroso.

Dado que los materiales absorbentes del sonido son por lo general blandos o fibrosos, se recomienda especificarlos para cielos rasos o en la zona superior de los muros.

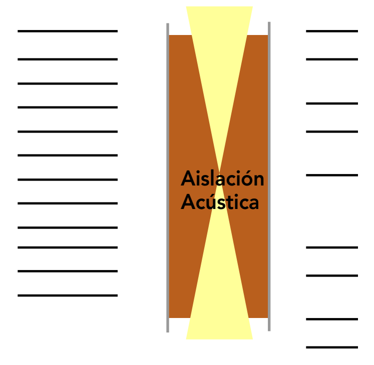


Figura 14 - 64: Aislación acústica en un tabique.

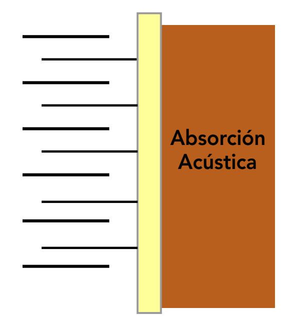


Figura 14 – 65: Absorción acústica.

La velocidad del sonido depende principalmente de la densidad y compresión del medio, mientras que la velocidad de propagación de las ondas de flexión, depende de la altura del tono, también de la relación entre la rigidez a flexión y la masa del material en oscilación.

14.5.3. Normativa Acústica
La Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones clasifica los locales en relación a sus condiciones acústicas. Se establece que los espacios construidos deberán regirse por las normas chilenas oficiales correspondientes.

La NCh 352 se refiere a condiciones acústicas que deben cumplir las edificaciones:

- El aislamiento acústico que debe considerarse en fundaciones, muros, pisos, tabiques e instalaciones de edificios.

- Supresión o amortiguación de los ruidos dentro y fuera de edificios que puede obtenerse mediante ciertas restricciones que los eliminan en su origen o mediante el empleo de materiales absorbentes convenientemente dispuestos y,

- La correcta conservación de diversos sonidos durante su propagación dentro de las salas destinadas a la audición, mediante la disposición de formas arquitectónicas adecuadas o el empleo de materiales y elementos que aseguren la mayor igualdad posible entre un sonido emitido por el orador o instrumento, y la sensación sonora percibida por cada uno de los auditores.

Se expone una idea general del problema acústico, sin fijar niveles correspondientes.

Se especifíca un valor de 35 dB como recomendable para entrepisos de una vivienda:

- Los muros de fachadas y los medianeros de edificios, lo mismo que tabiques interiores, establecen límites entre las diferentes casas, departamentos u oficinas. Deben consultarse a fin de asegurar un aislamiento acústico de 35db como mínimo.

- Los entrepisos y cielos del último piso que no llevan losa de hormigón armado, deben consultarse para asegurar el mismo grado mínimo de aislamiento acústico, o a lo menos, el mismo aislamiento que los tabiques del edificio.

En el Anexo II, de la norma de aislamiento del sonido se establece que el valor de aislación acústica de 48dB en una losa se considera insuficiente, 49dB es suficiente y 50dB bueno.

14.5.4 Soluciones generales de aislación acústica en viviendas de madera

La construcción en madera presenta las siguientes ventajas en relación a su sistema constructivo como:

- Flexibilidad
- Durabilidad
- Elasticidad

Es necesario consignar que, debido a la poca masa estructurante e intersticios que genera, se produce una débil aislación acústica en los recintos, por lo que es necesario dar soluciones acústicas de acuerdo a las solicitaciones, según su ubicación en:

a) Entramados horizontales

- Aislación acústica entre pisos habitados.

b) Entramados verticales

- Aislación y absorción acústica entre ambientes.
- Aislación acústica con el medio externo.

14.5.4.1 Soluciones constructivas para entramados horizontales y verticales

La aislación acústica de un entramado de madera aumenta proporcionalmente a su masa y a la elasticidad de los materiales componentes.

A continuación, se exponen algunas soluciones constructivas para una correcta aislación acústica de los entramados verticales y horizontales en una vivienda estructurada con madera.

14.5.4.1.1 Entramados horizontales
Este aumento de masa debe ser entregado por los recubrimientos de cielo y piso, con su correspondiente forma de fijación.

Podemos dividir las soluciones de entramados horizontales en tres tipos:

- Entramado estructural de piso
- Revestimiento del cielo
- Recubrimiento del piso

Se debe considerar la incorporación de otros elementos al entrepiso, donde cada componente se irá sumando al valor base.

En el caso del revestimiento de cielo, generalmente la placa se fija al envigado por medio de clavos y tornillos,

por lo que la transmisión sonora ocurre por medio del envigado. Se debe buscar soluciones en base a uniones más flexibles, logradas por medio de un listoneado perpendicular al envigado, al cual se fija el revestimiento del cielo. Esta solución facilita la colocación de aislación en la estructura.

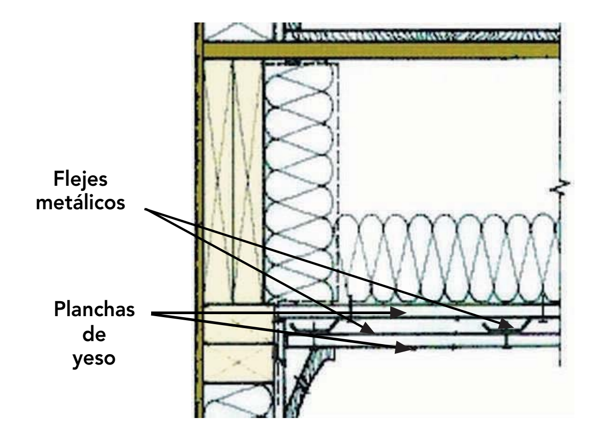


Figura 14-66: Solución acústica para cielo de yeso, instalación de flejes separadores de fierro galvanizados cada 20 cm, que separan las dos planchas de yeso, de espesor 15 mm.

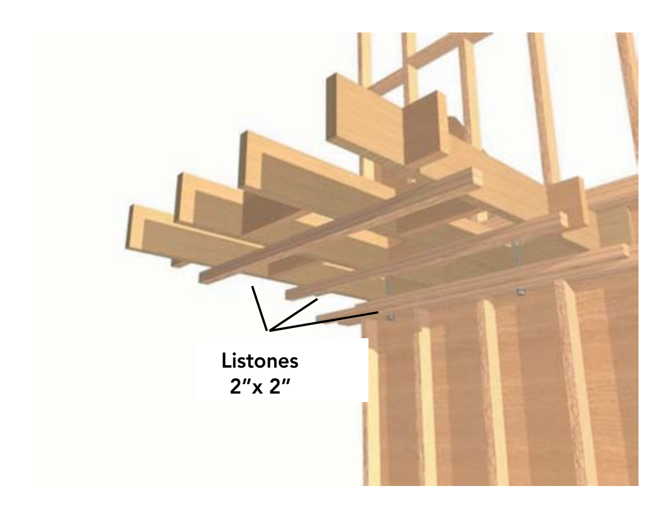


Figura 14 - 67: Entramado estructural de cielo.

Los materiales más usados en revestimientos de cielo son:

- Yeso cartón
- Madera, entablados
- Placas de partículas o fibras

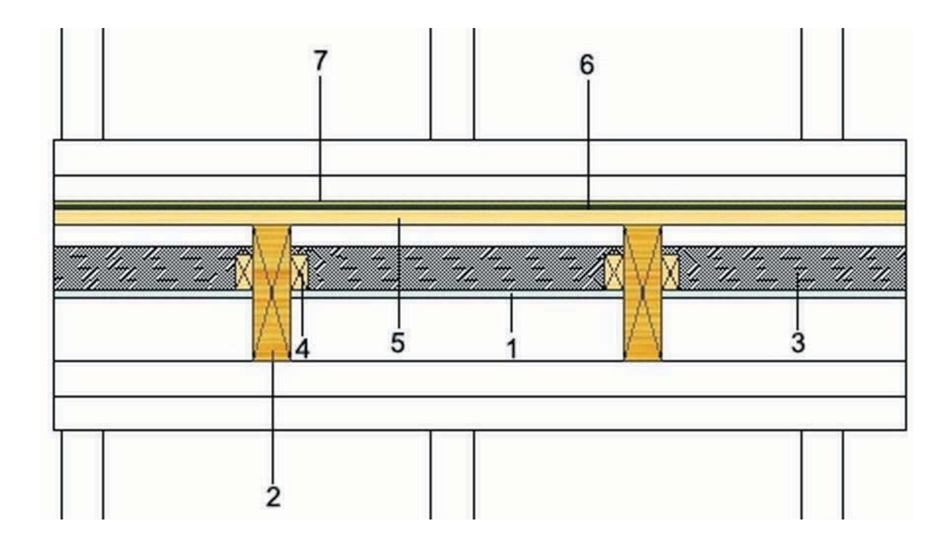
Es necesario considerar que, a medida que aumenta el espesor del elemento, aumenta también el peso de éste. Por esta razón, para aumentar la masa es recomendable multiplicarla con espesores menores y diferentes, debido a que se obtiene la flexibilidad de efectuar traslapes en la colocación de la placa.

En el caso del revestimiento de piso, los sonidos aéreos también son transmitidos por los tabiques laterales, en los cuales se apoya el envigado. Es por eso que para efecto de recubrimientos de piso, una buena solución acústica son los pisos flotantes, debido a que no están sujetos a los tabiques laterales.

Un buen diseño del recubrimiento de piso permitirá un mejoramiento de la aislación acústica en aproximadamente 9 a 15 dB.

Se presentan a continuación algunas soluciones de aislación acústica para entramados horizontales, en las que se privilegia el envigado a la vista, al que se le puede incorporar además un aislante termo-acústico y cielo con placa de yeso e = 10 mm asegurándose una mejor acústica.

14.5.4.1.1 Solución 1:
Envigado a la vista, piso base, placa terciada estructural



1.- Placa de yeso cartón, e = 15 mm, 1,20x 2,40m.

2.- Viga estructural 2"x10" Pino radiata

3.- Aislación termo-acústica, lana mineral e = 50mm, entre vigas.

4.- Pieza de madera 1" x 2 " Pino radiata

5.- Placa terciado fenólico e = 15 mm

6.- Pañete lana de 10 a 12 mm.

7.- Alfombra de lana o draylon acrílico, espesor mínimo 10 a 12mm.

8.- Solera de amarre

9.- Solera superior del tabique soportante

Figura 14 – 68: Representación técnica de la estructura de entrepiso, envigado a la vista y piso con revestimiento.

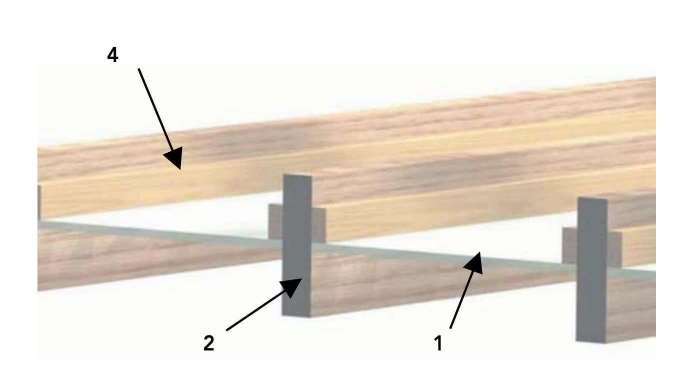


Figura 14 - 69: Colocación de plancha de yeso cartón como revestimiento de cielo soportado por listones de 1"x 2", fijadas a las vigas del entramado de entrepiso.

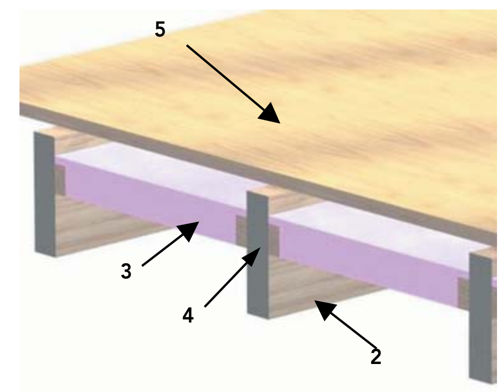


Figura 14 - 70: Colocación de aislación termo-acústica entre el listoneado de cielo sobre la plancha de yeso cartón, para luego colocar el tablero estructural, arriostrando la estructura de plataforma del entrepiso.

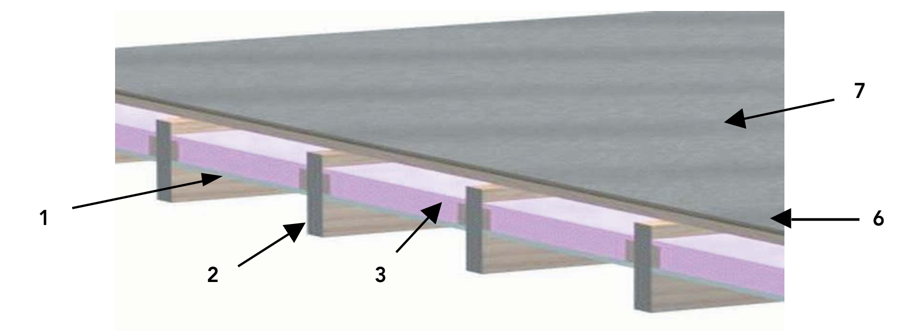
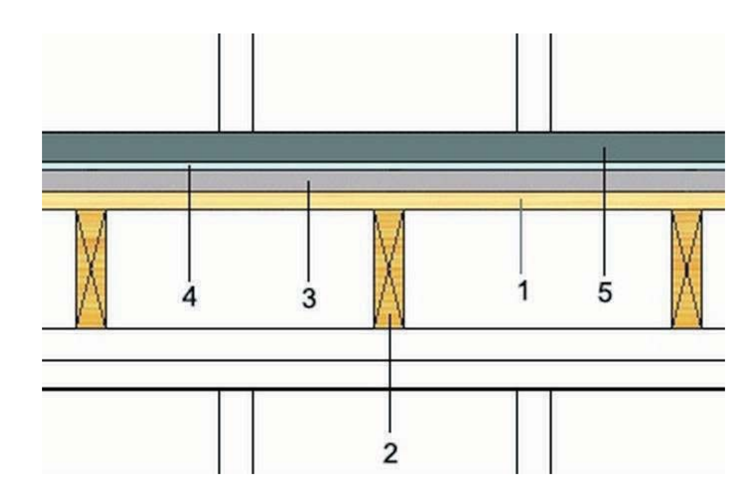


Figura 14 - 71: Vista general del entramado de entrepiso, utilizando como terminación sobre el tablero de piso estructural, un pañete de lana de un espesor mínimo de 8 a 10 mm y alfombra de lana o draylón acrílico, de un espesor mínimo de 10mm.

14.5.4.1.1 Solución 2:
Envigado a la vista, piso base de hormigón gravilla



1.- Placa terciado fenólico de e = 15 mm.

2.- Viga estructural 2"x10"

3.- Placa de fibra de madera prensada con cemento 30mm.

4.- Polietileno 10mm.

5.- Hormigón gravilla H18 de espesor e = 50 mm .

6.- Solera de amarre

7.- Solera superior

Figura 14 – 72: Representación técnica de la estructura de entrepiso, envigado a la vista y piso con revestimiento.

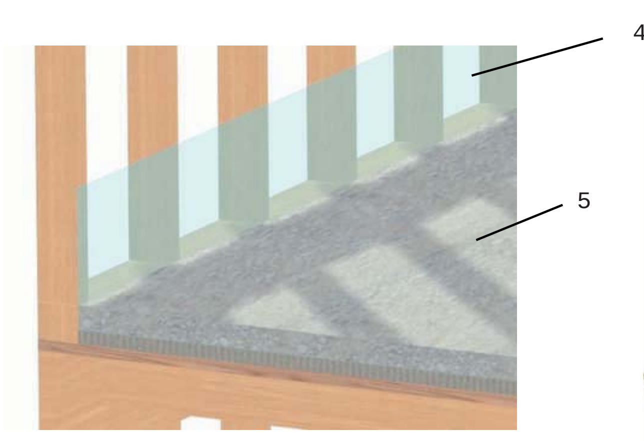


Figura 14- 73: Colocación de polietileno de 10 mm sobre la placa de fibra de madera prensada con cemento, el que debe retornar por la cara interior del tabique.

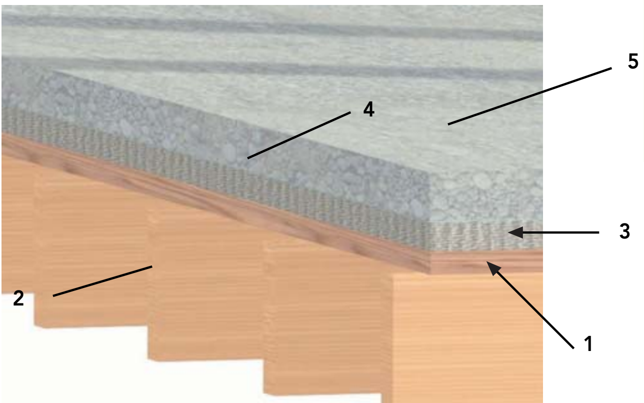


Figura 14 – 74: Corte estructura de entrepiso.

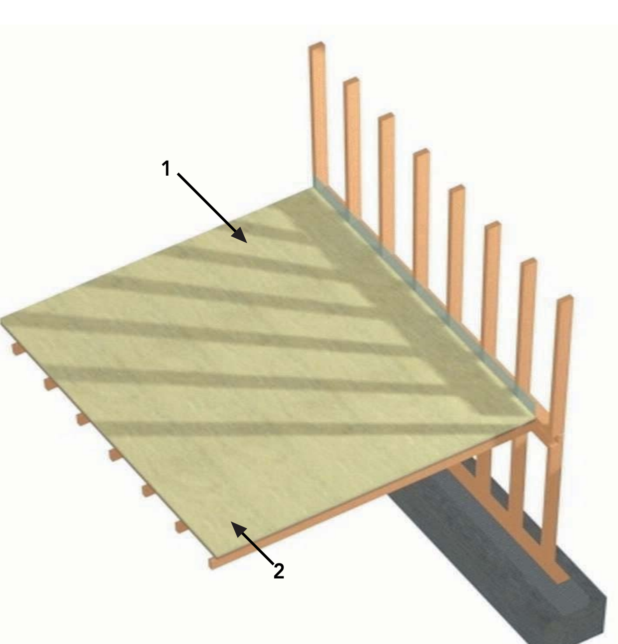
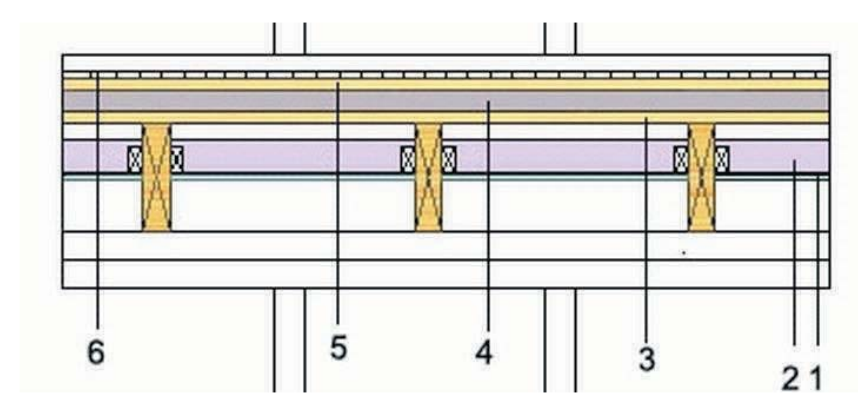


Figura 14 – 75: Vista general de plataforma de entrepiso.

14.5.4.1.1 Solución 3:
Envigado a la vista, piso base placa estructural fenólica



1.- Placa de yeso cartón, e = 15 mm, 1,20 x 2,40 m.

2.- Aislación termo-acústica, lana mineral e = 50mm, entre vigas.

3.- Placa terciado fenólico e = 15 mm.

4.- Placa de fibra de madera prensada con cemento, e = 30mm.

5.- Placa terciado fenólico e = 15 mm.

6.- Piso de madera

7.- Vigas estructurales 2" x 10 "

Figura 14- 76: *Representación técnica de la estructura de entrepiso, envigado a la vista y piso con revestimiento en madera.*

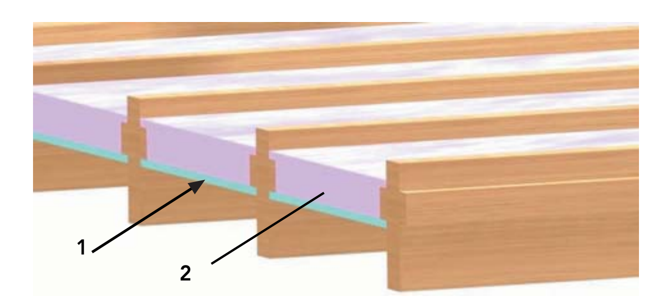


Figura 14 -77: *Colocación de aislación termo-acústica, entre el listoneado de cielo sobre la plancha de yeso cartón para luego colocar el tablero estructural, arriostrando la estructura de plataforma del entrepiso.*

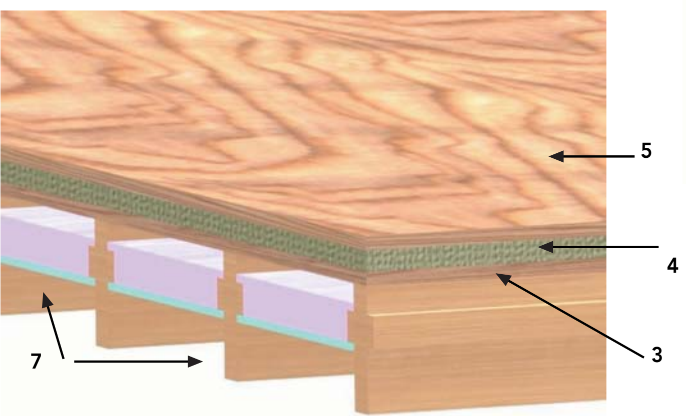


Figura 14-78: *Vigas de Pino radiata estructural de 2"x10" para el entramado a la vista.*

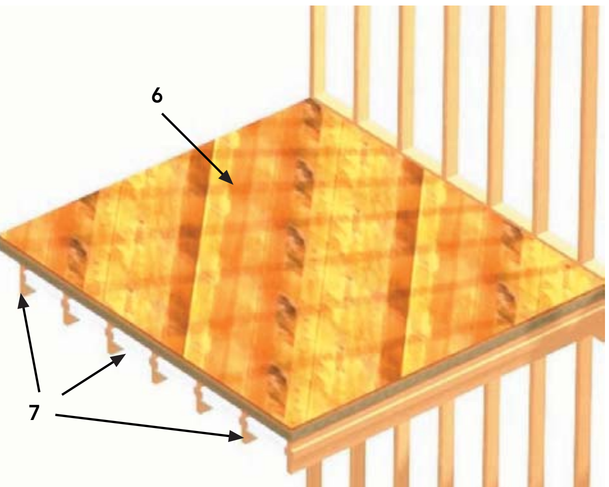


Figura 14-79: *Vista general de entrepiso.*

14.5.4.1.2 Entramados verticales
Podemos dividir las soluciones acústicas de tabiques en:

- Tabiques exteriores
- Tabiques interiores

Generalmente, en los tabiques se toman precauciones relativas a la aislación térmica, no así a la aislación acústica.



Figura 14-80: Estructura del tabique.

Como está descrito en capítulos anteriores, los tabiques en construcciones de madera constan de una estructura soportante y revestimientos por ambos lados, que pueden estar constituidos por una o dos placas.



Figura 14-81: Vista entramado y revestimiento estructural de tabiques.

La aislación acústica en un tabique dependerá de:

- Forma de fijación de los revestimientos
- Distanciamientos entre los elementos estructurales
- Material aislante entre pie derecho

Como ya se expuso, a mayor masa, corresponde mayor aislación, es por eso que al duplicar el revestimiento interior, la aislación mejora.

Las soluciones típicas de aislación acústica para tabiques interiores y perimetrales, básicamente contemplan doble revestimiento de placas de yeso cartón de espesor de 15 mm, las que pueden ir en ambos paramentos o sólo en el interior.

En otros casos, para tabiques medianeros separadores de roles y cortafuego, la solución eficiente es la materialización de un doble tabique estructurado en dimensión de 2" x 4", desplazado en 200 mm, adicionado a otros materiales como se muestra en las soluciones.

A continuación, se entregan como planos técnicos y vistas en perspectiva las soluciones típicas y más eficientes que se han puesto en práctica.

14.5.4.1.2 Solución 1:
Tabique interior (muro medianero, cortafuego)

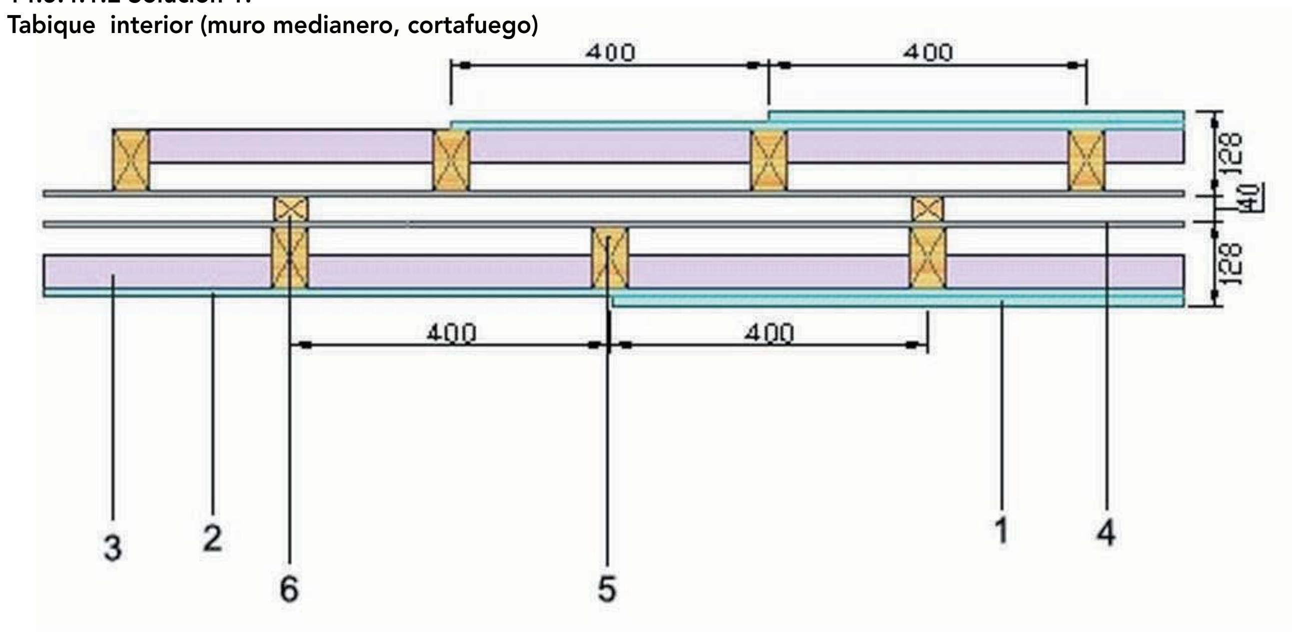


Figura 14 - 82: *Representación técnica en corte de la solución propuesta de un tabique interior, medianero y cortafuego.*

1.- **Doble Placa de yeso cartón e = 15 mm, 1.20 x 2.40 m, traslapada por ambos paramentos**

2.- **Barrera de vapor, lámina de polietileno de 0.2 mm**

3.- **Aislación termo-acústica, lana mineral e = 50mm.**

4.- **Doble placa fibrocemento 1.20 x 2.40m, e = 8 mm.**

5.- **Doble pie derecho Pino radiata 2"x4", traslapado en 200 mm.**

6.- **Suple pieza 2" x 2" a 800 mm Pino radiata**

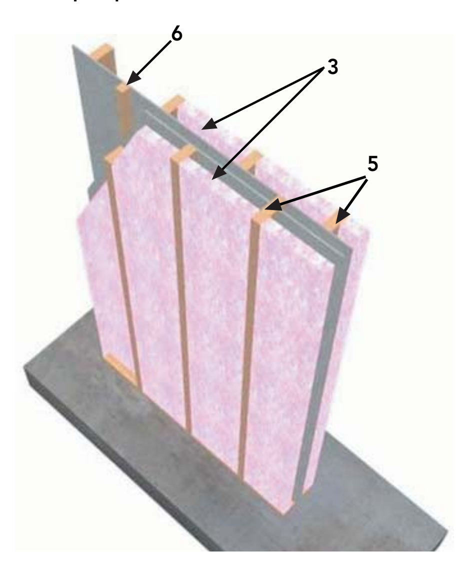


Figura 14-83: *Doble aislación termo-acústica entre pie derecho.*

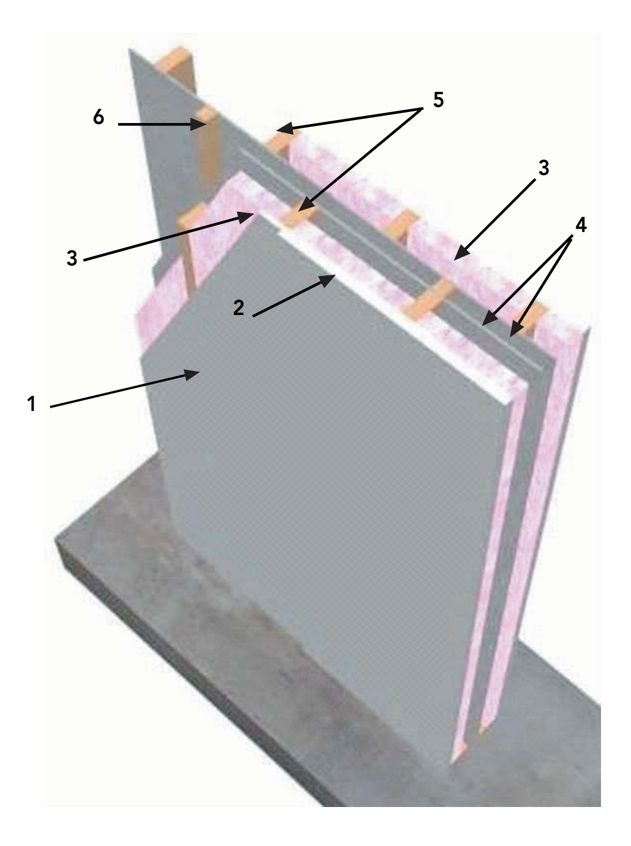


Figura 14-84: *Vista general en perspectiva de los componentes que conforman el tabique.*

14.5.4.1.2 Solución 2:
Tabique interior

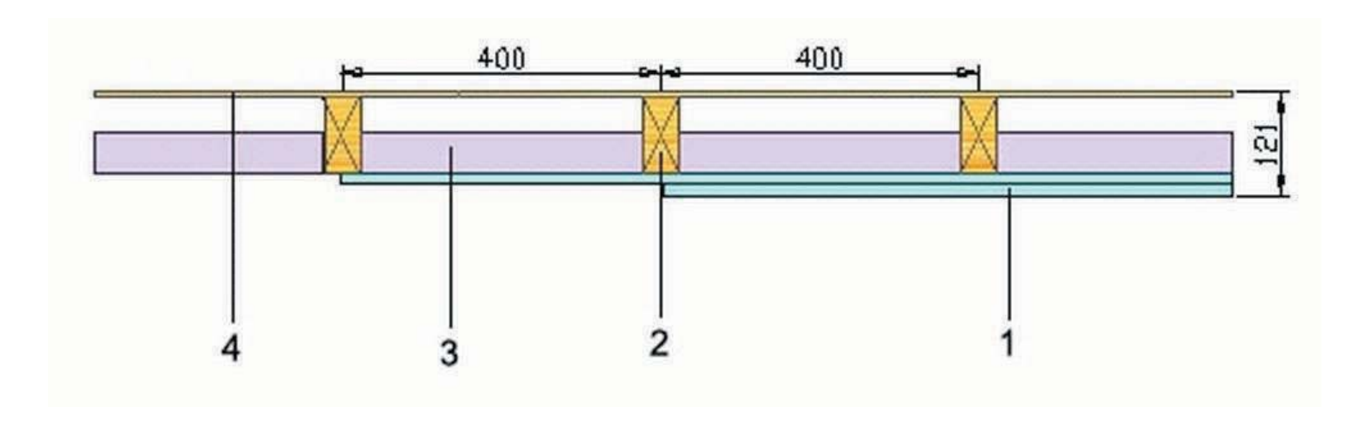


Figura 14 - 85: Representación técnica en corte de la solución propuesta para el tabique interior.

1.- Doble placa de yeso cartón e = 15 mm, 1.20 x 2.40m, traslape de 400 mm

2.- Pie derecho Pino radiata 2"x 4"

3.- Aislación termo-acústica, lana mineral e = 50mm

4.- Revestimiento con moldura de madera

5.- Solera inferior

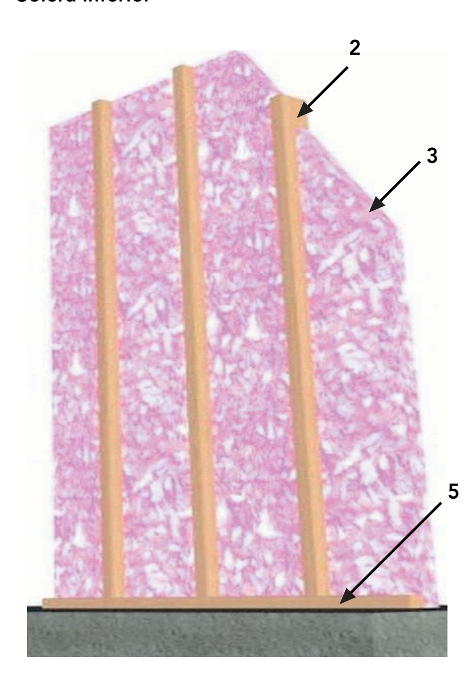


Figura 14 - 86: Vista interior de la disposición de la aislación térmo-acústica entre pie derecho.

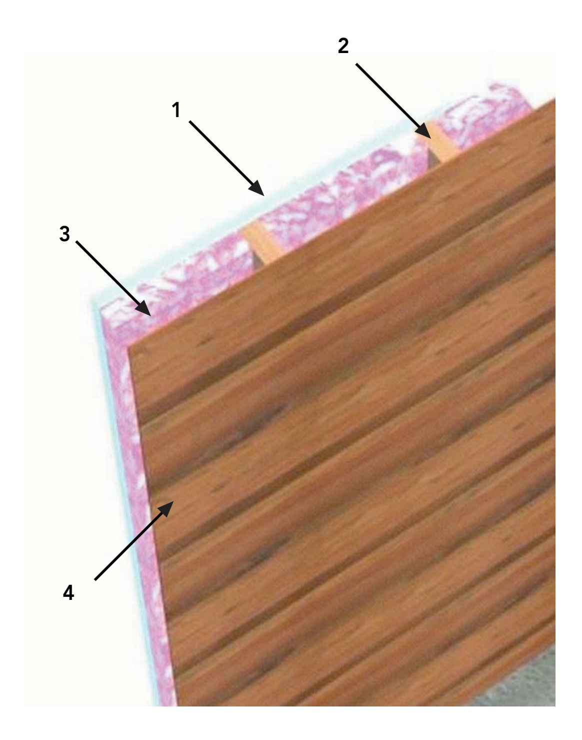


Figura 14 - 87: Vista interior del revestimiento con moldura de madera del tabique.

14.5.4.1.2 Solución 3:
Tabique interior (muro medianero)

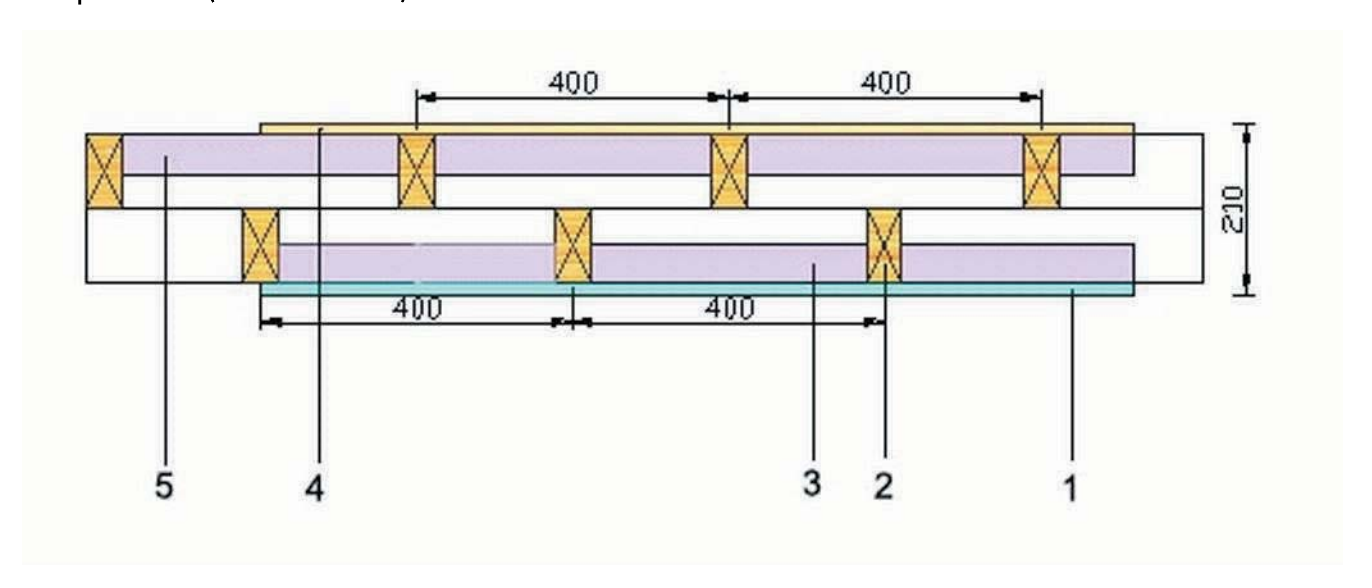


Figura 14 - 88: Representación técnica en corte de la solución propuesta para tabique interior como muro medianero.

1.- Placa de yeso cartón, e = 15 mm, 1,20x 2,40m.

2.- Doble pie derecho Pino radiata 2"x4", con traslape 200mm.

3.- Aislación termo-acústica, lana mineral e = 50mm.

4.- Revestimiento con moldura de madera.

5.- Aislación termo-acústica, lana mineral e = 50mm.

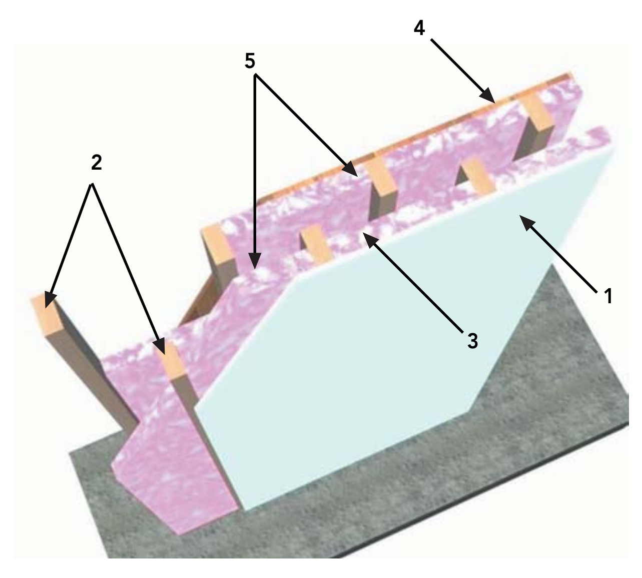


Figura 14 - 89: Disposición de la aislación termo-acústica, entre los doble pie derecho.

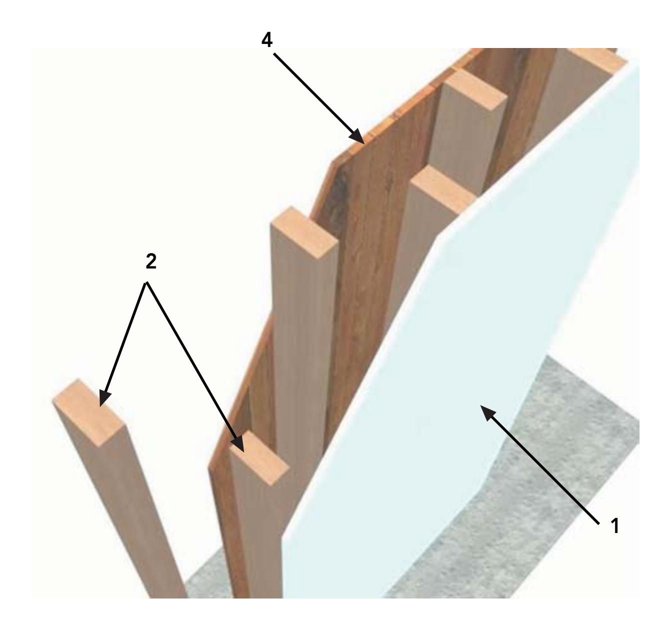


Figura 14 - 90: Vista general de la disposición de los doble pie derecho que conforman la estructura del tabique.

14.5.4.1.2 Solución 4: Tabique perimetral

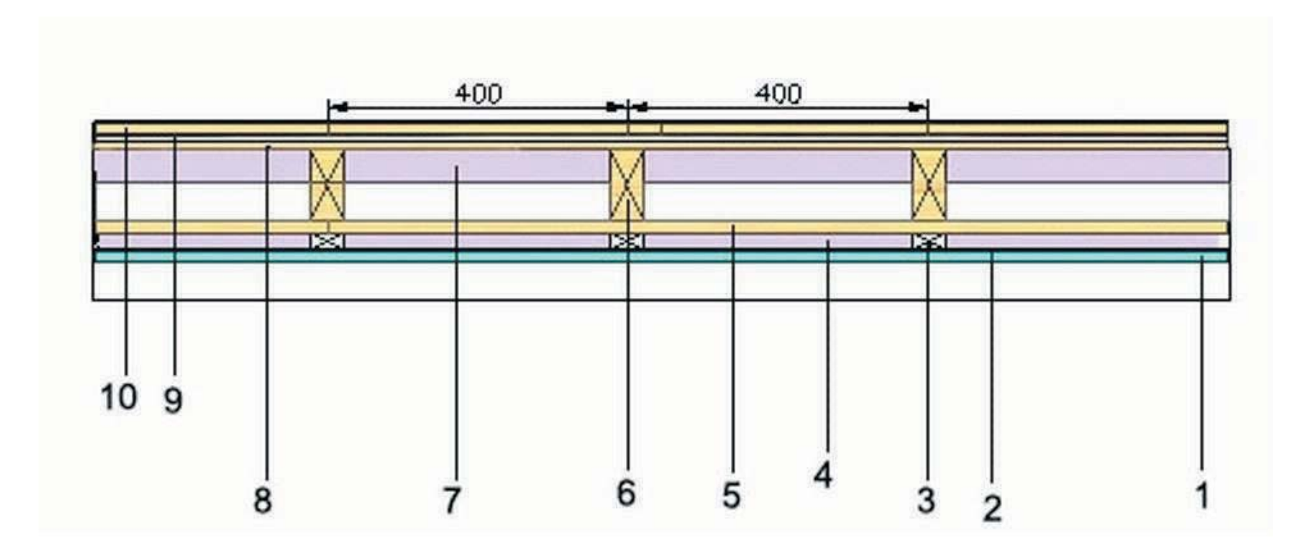


Figura 14 - 91: Representación técnica en corte de la solución propuesta para un tabique perimetral.

1.- Placa de yeso cartón e = 15 mm, 1,20 x 2,40 m.
2.- Barrera de vapor, polietileno e = 0,5 mm.
3.- Suple de madera 1"x 2".
4.- Aislación termo-acústica, (lana mineral e = 25mm).
5.- Tablero terciado fenólico e = 15 mm.
6.- Pie derecho pino radiata 2"x 4" a 400 mm.
7.- Aislación termo-acústica, lana mineral e = 50 mm
8.- Tablero terciado fenólico e = 15 mm.
9.- Barrera de humedad, fieltro alquitranado de 15 lb.
10.- Revestimiento con moldura de madera.

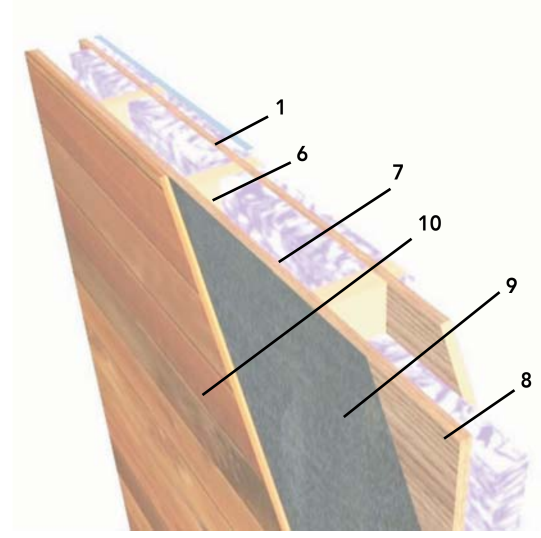


Figura 14-92: Vista exterior del tabique perimetral.

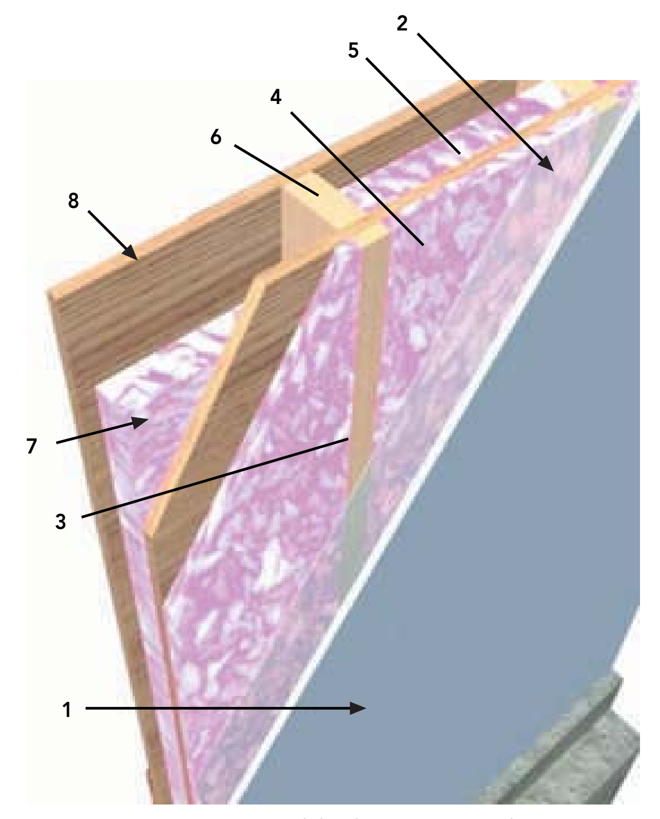


Figura 14-93: Vista interior del tabique perimetral.

14.5.4.1.2 Solución 5:
Tabique perimetral

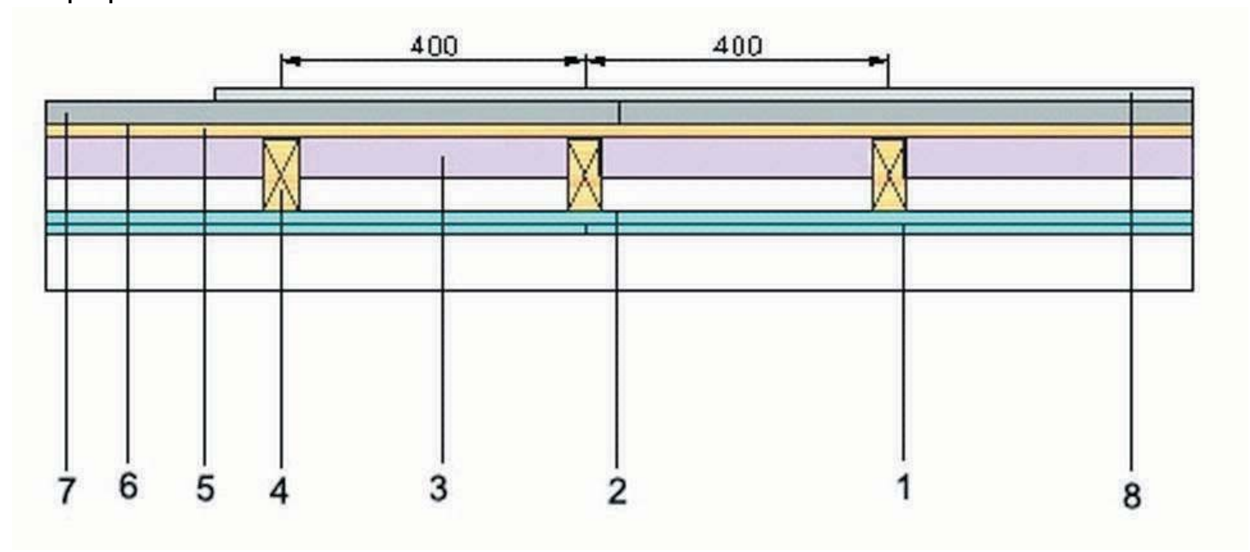


Figura 14-94: Representación técnica en corte de la solución propuesta de un tabique perimetral.

1.- Doble placa de yeso cartón, e = 15 mm, 1,20 x 2,40 m.

2.- Barrera de vapor, polietileno e = 0.5 mm.

3.- Aislación termo-acústica. Lana de vidrio e = 50mm.

4.- Pie derecho Pino radiata 2" x 4", a 400mm.

5.- Tablero terciado fenólico e = 15 mm.

6.- Barrera de humedad. Fieltro alquitranado de 15Lb

7.- Placa fibra madera prensada con cemento e = 30mm.

8.- Mortero cemento, razón 1: 3 e = 2 cm.

9.- Cortagotera de fierro galvanizado e = 0,5 mm.

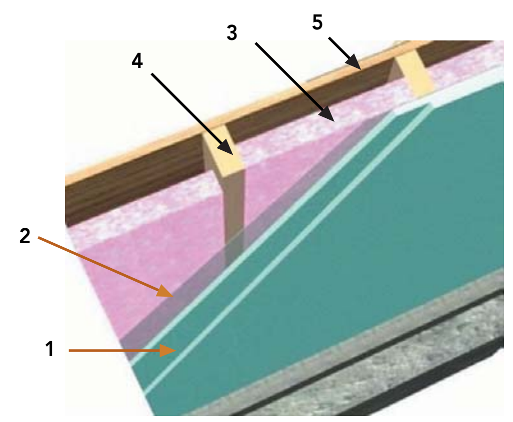


Figura 14-96: Vista de los componentes del paramento interior del tabique.

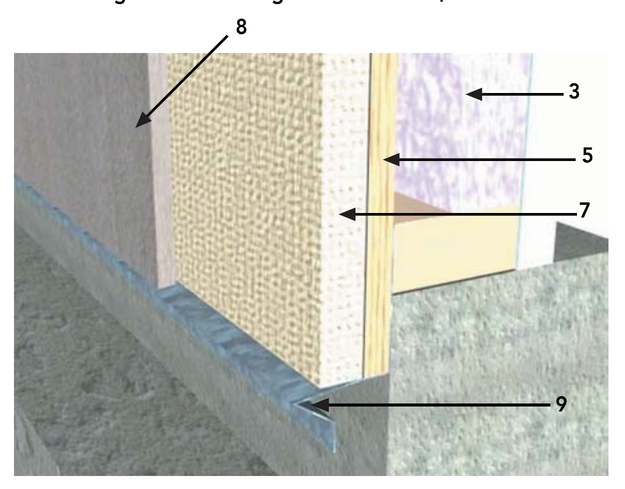


Figura 14- 95: Vista exterior de la zona baja del tabique perimetral con los diferentes componentes.

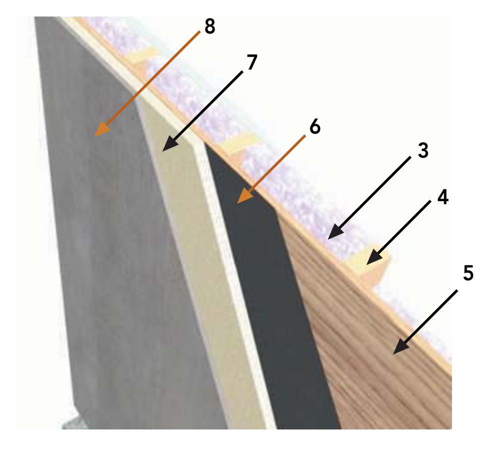


Figura 14- 97: Vista de las diferentes pieles que conforman el revestimiento exterior del tabique.

BIBLIOGRAFÍA

- American Plywood Association, "Wood Reference Handbook", Canadian Wood Council, Canadá, 1986.
- Bustamante, W; "Clima y Vivienda: Guía de Diseño", Facultad de Ingeniería, Escuela de Construcción Civil, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile, 1999.
- Branz, "House Building Guide", Nueva Zelanda, 1998.
- Canada Mortgage and Housing Corporation, CMHC, "Manual de Construcción de Viviendas con Armadura de Madera – Canadá", Publicado por CMHC, Canadá, 1998.
- Canada Mortgage and Housing Corporation, CMHC, "Woodframe Envelopes in the Coastal Climate of British Columbia", Publicado por CMHC, Canadá, 2001.
- D.F.L. N° 458 y D.S N° 47 Ley y Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU).
- Gonzalo, G; "Manual de Arquitectura Bioclimática", Imprenta Arte Color Chamaco, Tucumán, Argentina, 1998.
- Goring, L.J; Fioc, LCG, "First-Fixing Carpentry Manual", Longman Group Limited, Inglaterra, 1983.
- Grupo técnico de ventanas, Corporación de desarrollo tecnológico C.D.T, "Recomendaciones para la Selección e Instalación de Ventanas", Publicado por Cámara Chilena de la Construcción, Santiago, Chile, Julio 1999.
- Hempel, R; "Aislación Acústica de Entramados de Pisos" Cuaderno N°6, Universidad del Bío-Bío, Editorial Campus Chillán, Concepción, Chile.
- Hempel, R; Pozo M; "Aislación Acústica en Tabiques" Cuaderno N°9, Universidad del Bío-Bío, Editorial Aníbal Pinto S.A, Concepción, Chile.
- Heene, A; Schmitt, H, "Tratado de Construcción", 7° Edición Ampliada, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.
- Lechner, N; "Heating, Cooling, Lighting. Design Methods for Architects", John Wiley and Sons, Inc., Nueva York, EE.UU., 1991.
- Lewis, G; Vogt, F, "Carpentry", 3° Edición, Delmar Thomson Learning, Inc., Nueva York, EE.UU., 2001.
- Manual de Aplicación Reglamentación Térmica, Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.
- Neufert, E; "Arte de Proyectar en Arquitectura", 14° Edición, Editorial Gustavo Gili S.A., Barcelona, España, 1998.
- Spence, W; "Residencial Framing", Sterling Publishing Company, Inc., Nueva York, EE.UU., 1993.
- Stungo, N; "Arquitectura en Madera", Editorial Naturart S.A Blume, Barcelona, España, 1999.
- Primiano, J; "Curso Práctico de Edificación con Madera", Editorial Construcciones Sudamericanas, Buenos Aires, Argentina, 1998.
- Thallon, R; "Graphic Guide to Frame Construction Details for Builder and Designers", The Taunton Press, Canadá, 1991.
- Villasuso, B; "La Madera en la Arquitectura", Editorial El Ateneo Pedro García S.A., Buenos Aires, Argentina, 1997.
- Wagner, J; "House Framing", Creative Homeowner, Nueva Jersey, EE.UU., 1998.
- www.inn.cl (Instituto Nacional de Normalización).
- www.romeral.cl (Sociedad Industrial Romeral S.A.).
- www.basf.cl (Home Basf Chile S.A.).
- www.volcan.cl (Compañía Industrial El Volcán S.A.).


CORPORACION CHILENA DE LA MADERA
CORMA
CHILE PAIS FORESTAL

Unidad 15

PROTECCIÓN CONTRA EL FUEGO





Unidad 15

UNIDAD 15

PROTECCIÓN CONTRA EL FUEGO

15.1 GENERALIDADES

Cuando se consulta al común de las personas por la elección para su vivienda definitiva, entre una de hormigón o albañilería y una comparación con la de madera, en la mayoría de los casos existe marcada tendencia por las viviendas, según ellas, más sólidas y que ofrecen mayor seguridad.

Uno de los argumentos mayoritariamente utilizados para dicha elección, es la percepción de mayor ocurrencia de incendios que tiene la vivienda de madera por sobre las otras. Sin embargo, la probabilidad de que ello ocurra no es mayor en uno ni otro caso. El incendio en una vivienda no se genera porque se trate de una casa de madera o "material ligero", como en equivocadas ocasiones se le llama, sino que se produce por una serie de factores independientes de la materialidad de la edificación.

La madera, siendo un material inflamable, presenta una serie de ventajas en caso de un eventual incendio. Sin embargo, existe una serie de falsas creencias que actúan en desmedro de las variadas cualidades que presenta este material.

En su forma más básica, un incendio se produce por la generación del denominado triángulo del fuego, el cual se inicia a partir de la acción y presencia de calor, oxígeno y combustible.

a) Fuente de calor

Es aquella que genera una temperatura suficiente para iniciar la combustión y que puede presentarse por causas tan recurrentes como:

- Descuido de moradores u ocupantes de la vivienda que resulta en restos de cigarrillos encendidos, mal apagados o en la inadecuada manipulación de fósforos.
- Sobrecargas en la instalación eléctrica.
- Falta de mantenimiento y falla de artefactos a gas, como cocinas y estufas, principalmente.
- Descuido en la manipulación y ubicación de estufas a parafina y braseros.

b) Oxígeno

Presencia de oxígeno en el aire que se respira en toda vivienda.

c) Combustible

Existencia de materiales combustibles en el interior de la vivienda, lo que constituye la carga de fuego.



Figura 15 – 1: Incendio declarado en el interior de una vivienda de un piso.

Como es de suponer, los elementos que componen el triángulo del fuego están presentes en toda vivienda; sin embargo, para que la combustión se inicie, es necesario que los materiales generen gases o vapores (producidos por altas temperaturas), para luego inflamarse.

En consecuencia, para cada material se puede identificar una temperatura de gasificación e ignición, en la que éste se enciende y propaga llamas.

Una vez iniciado, un incendio se desarrolla y propaga a través de los materiales que componen la carga de fuego: enseres, ropa, muebles, alfombras, adhesivos, cortinas y otros materiales inflamables de uso común en viviendas.

En general, un siniestro jamás se inicia en los materiales que conforman la estructura resistente cuando se utilizan técnicas adecuadas de construcción y materiales resistentes a la acción del fuego (vivienda segura).

15.2 FASES DE DESARROLLO DE UN INCENDIO

Entre el inicio y el término de un incendio, pueden distinguirse tres fases claramente diferenciadas.

La rapidez con que dichas fases se producen, depende directamente de dos variables ya conocidas:

- Carga de fuego (combustible) que se encuentra al interior de la vivienda.

- Sistema constructivo empleado, el que se opondrá en mayor o menor medida al avance de las llamas, dependiendo de los revestimientos de protección y barreras físicas utilizadas.

Las tres fases que se pueden identificar son:

15.2.1 Fase de inicio

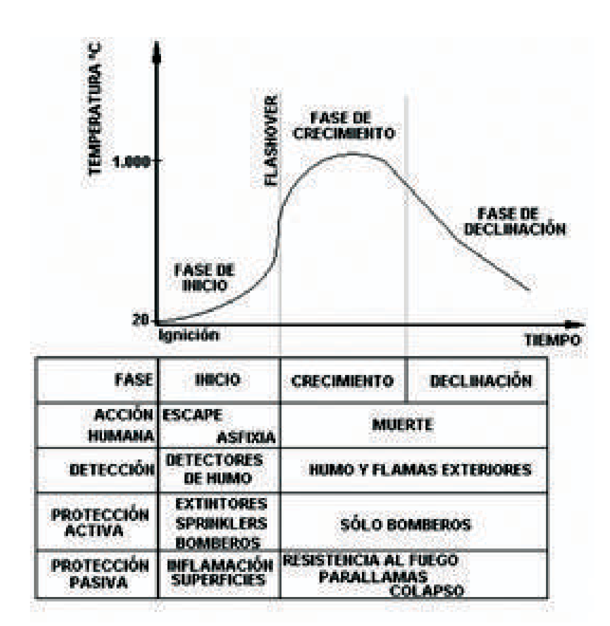
Es aquella en que se inicia localizadamente la combustión, cuando alguna zona de la vivienda o un material comienza a generar gases tóxicos e inflamables, producidos por su cercanía a una fuente de calor. Los gases se acumulan progresivamente en la zona superior del recinto en que se produce la combustión.

15.2.2 Fase de crecimiento y desarrollo

Los gases inflamables generados por los materiales descritos en la fase anterior, y por un aumento violento de la temperatura, comienzan a inflamarse y a propagar las llamas a otros materiales componentes de la vivienda. En esta fase, el incendio es difícil de controlar y se desencadena una rápida combustión de los elementos inflamables en el interior de la vivienda. También se produce una disminución de la capacidad resistente en la estructura en forma acumulativa.

15.2.3 Fase de declinación

Es la fase final del desarrollo de un siniestro, la estructura resistente de la vivienda ha colapsado y las llamas comienzan a declinar, dado que el material combustible, en general, ha sido consumido.



FASE	INICIO	CRECIMIENTO	DECLINACIÓN
ACCIÓN HUMANA	ESCAPE ASFIXIA	MUERTE	
DETECCIÓN	DETECTORES DE HUMO	HUMO Y FLAMAS EXTERIORES	
PROTECCIÓN ACTIVA	EXTINTORES SPRINKLERS BOMBEROS	SÓLO BOMBEROS	
PROTECCIÓN PASIVA	INFLAMACIÓN SUPERFICIES	RESISTENCIA AL FUEGO PARALLAMAS COLAPSO	

Figura 15 – 2: Gráfico de fases de un incendio.

Si bien la madera, en forma aparente, presenta desventajas ante elementos constructivos tradicionales, tales como albañilería y hormigón, hay una importante cantidad de materiales que convierte a los sistemas constructivos de madera en viviendas estables y seguras, frente a la eventualidad de un incendio.

Para que ello se cumpla, a continuación se detalla cada uno de los parámetros descritos que forman parte de la protección pasiva de las estructuras en viviendas de madera, con el objeto de efectuar un diseño adecuado y seguro que haga frente a la eventual acción del fuego.

UNIDAD 15
PROTECCIÓN CONTRA EL FUEGO

15.3 CONSIDERACIONES TÉCNICAS Y REGLAMENTARIAS

Para realizar un diseño adecuado de viviendas resistentes y seguras a la acción del fuego, se debe tener presente los parámetros definidos en los siguientes documentos legales y normativos:

- Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC).
- Listado oficial de elementos de construcción resistentes al fuego (Ministerio de la Vivienda).
- Normas nacionales relacionadas y en vigencia.



Figura 15 – 3: Una vivienda de madera, sin técnicas ni materiales adecuados de construcción, presenta una alta probabilidad de decesos personales y escasas posibilidades de recuperación.

En general, las viviendas de madera no presentan un criterio de seguridad que permita lograr un razonable y adecuado comportamiento frente al fuego.

Para lograr este objetivo, y como punto de inicio para el diseño, se debe atender a dos métodos de protección para las estructuras:

- Protección pasiva
- Protección activa

15.3.1 Protección pasiva

La protección pasiva de las estructuras consiste en reducir el riesgo de incendio a través de la utilización de componentes, materiales y elementos de construcción, que por sus características y propiedades reducen la generación de gases y limitan la propagación del fuego, retardando su acción durante un determinado lapso. De esta forma, se busca tener el tiempo necesario para efectuar una rápida evacuación o salvamento de los ocupantes de la vivienda, antes del eventual colapso de la estructura.

La protección pasiva debe cumplir con tres objetivos fundamentales:

- **Permitir el rápido escape y salvamento de los ocupantes de la edificación**

  Una vez declarado un incendio al interior de una vivienda, sus ocupantes deben salir del lugar siniestrado en forma inmediata.

  Una vivienda resistente al fuego no es aquella que no se incendia, sino la que permite la evacuación de sus ocupantes en un tiempo razonable, sin que se produzcan lesiones o decesos por la generación de gases tóxicos y por caída o desplome de las estructuras afectadas.



Figura 15 – 4: La protección pasiva consiste fundamentalmente en el resguardo de las personas en caso de incendio, permitiendo su escape rápido desde el interior de la vivienda, evitando la propagación de las llamas y facilitando el accionar de bomberos.

- **Que las llamas no se propaguen con facilidad a otros recintos de la vivienda y edificaciones vecinas**

  Los materiales utilizados en los elementos de construcción que conforman una vivienda deben proporcionar una resistencia adecuada a la acción del fuego, de manera que contengan el avance de las llamas entre dependencias adyacentes dentro de ella, y hacia construcciones vecinas.

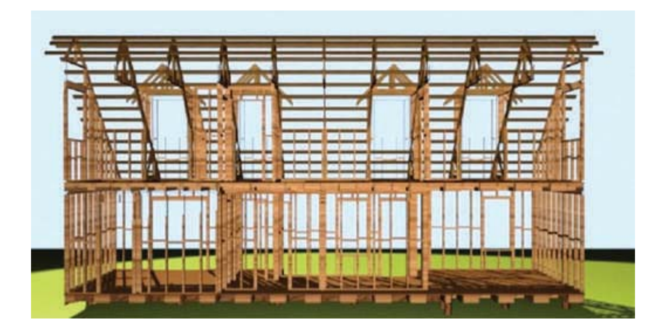


Figura 15 – 5: Corte longitudinal que ilustra el esqueleto de la estructura soportante y divisiones interiores de la vivienda.



Figura 15 – 6: El diseño arquitectónico de una vivienda debe considerar materiales resistentes a la acción del fuego, que al mismo tiempo, favorezcan la construcción de la vivienda.

- **Que en caso de incendio, se facilite su extinción**

  El diseño arquitectónico de una vivienda debe considerar todas aquellas variables necesarias para permitir el accionar de bomberos en un incendio declarado.

  Este aspecto consiste en no obstaculizar los accesos de la vivienda y contar con medidas básicas de seguridad para la extinción de incendios.

15.3.2 Protección activa

Consiste en utilizar sistemas que, conectados a sensores o dispositivos de detección, entran en funcionamiento automáticamente frente a determinados rangos de partículas y temperatura del aire, descargando agentes extintores de fuego como agua, gases, espumas o polvos químicos.

Estos sistemas se proyectan normalmente en edificios públicos, comerciales, oficinas y viviendas de dos pisos de madera de gran superficie.



Figura 15 – 7: Sistema activo para el combate de incendio, consistente en dispositivo sprinkler (rociador) que requiere una instalación de red con agua a presión, independiente a la red de agua de abastecimiento del edificio. Se activa automáticamente ante un aumento desmedido de la máxima temperatura aceptada para el medio.



Figura 15 – 8: *Detector de humo, alarma que se activa ante la presencia de humo en un recinto. Es autónomo y funciona con pilas convencionales, de fácil instalación en cualquier lugar de la casa (sin necesidad de cables), con 24 horas de protección continua.*

15.3.3. Listado oficial de elementos constructivos resistentes al fuego

Corresponde a un listado de soluciones constructivas confeccionado por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, o por la entidad que éste determine, en el que se registran mediante valores representativos, las cualidades de los materiales, elementos y componentes utilizados en la construcción frente a la acción del fuego.

Las características de comportamiento al fuego de los materiales, elementos y componentes utilizados en la construcción, exigidos expresamente por la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, que no se encuentren incluidos en el listado oficial de comportamiento al fuego, deben acreditarse mediante el certificado de ensayo correspondiente, emitido por alguna institución oficial de control técnico de calidad de materiales y elementos industriales para la construcción.

Los edificios que, conforme a lo indicado en la Ordenanza, requieran protegerse contra el fuego, deberán proyectarse y construirse según alguno de los cuatro tipos que se señalan en la **Tabla 15-1** y los elementos que se utilicen en su construcción deberán cumplir con la resistencia al fuego que se indica en ella.

RESISTENCIA AL FUEGO DE LOS ELEMENTOS DE CONSTRUCCION									
TIPO	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
a	F-180	F-120	F-120	F-120	F-120	F- 30	F- 60	F-120	F- 60
b	F-150	F-120	F- 90	F- 90	F- 90	F- 15	F- 30	F- 90	F- 60
c	F-120	F- 90	F- 60	F- 60	F- 60	-	F- 15	F- 60	F- 30
d	F-120	F- 60	F- 60	F- 60	F- 30	-	-	F- 30	F- 15

Tabla 15 - 1: *Resistencia al fuego de los elementos de construcción.*

Elementos verticales:

(1) Muros cortafuego
(2) Muros zona vertical de seguridad y caja de escalera
(3) Muros caja ascensores
(4) Muros divisorios entre unidades (hasta la cubierta)
(5) Elementos soportantes verticales
(6) Muros no soportantes y tabiques

Elementos verticales y horizontales:

(7) Escaleras

Elementos horizontales:

(8) Elementos soportantes horizontales
(9) Techumbre incluido cielo falso

En edificios con destino habitacional de hasta dos pisos son aplicables las resistencias de los elementos constructivos establecidos para el tipo d. Sin embargo, para efectos de sistemas constructivos en madera, deberán considerarse las siguientes condiciones reglamentarias para desarrollar el diseño de la vivienda:

1.- Las viviendas aisladas, pareadas o continuas de hasta dos pisos, cuya superficie edificada sea inferior o igual a 140 m2, deberán tener una resistencia al fuego a lo menos F-15 en todos sus elementos y componentes soportantes, siempre que el muro de adosamiento o muro divisorio, según corresponda, cumpla con las exigencias de muros divisorios entre unidades, establecidas en la columna signada con el número (4) en la **Tabla 15 - 1.**

2.- Las resistencias al fuego que se indican para muros no soportantes y tabiques (6) en la **Tabla 15 -1**, deben exigirse sólo cuando dichos elementos separan de piso a cielo recintos contiguos dentro de una unidad y no contienen puertas o superficies vidriadas.

3.- Para muros perimetrales, se exigirá el cumplimiento de la resistencia al fuego que corresponda, según **Tabla 15 - 1**, ya se trate de elementos soportantes o no soportantes, cualquiera sea el destino de la edificación, con la excepción señalada anteriormente para viviendas de hasta 140 m2. Las superficies vidriadas, los antepechos y dinteles no estructurales, están exentos de exigencias con respecto al fuego.

4.- Los elementos soportantes inclinados en 20 o más grados sexagesimales respecto de la vertical, serán considerados como elementos soportantes horizontales para establecer su resistencia al fuego.

5.- Las escaleras (7) que comunican hasta dos pisos dentro de una misma unidad estarán exentas de exigencias de resistencia al fuego.



Figura 15 – 9: La protección pasiva persigue, como primer objetivo, implementar sistemas que permitan la rápida evacuación de personas que habitan una vivienda.

6.- Los muros cortafuego (1) deberán prolongarse a lo menos 0,50 m más arriba de la cubierta del techo más alto y 0,20 m hacia adelante de los techos voladizos, aleros u otros elementos combustibles. No obstante, dichas prolongaciones serán innecesarias cuando se emplee otra solución que garantice el cumplimiento de la resistencia mínima al fuego establecida en **Tabla 15 - 1.**

7.- En los muros cortafuego (1) no podrán traspasarse elementos ni empotrarse materiales que rebajen su resistencia al fuego a un valor menor al exigido en la **Tabla 15 - 1**, salvo en el caso de los ductos de instalaciones, que deberán cumplir, a lo menos, con la mitad de la resistencia al fuego requerida para los elementos que traspasan.

En este tipo de muros, sólo estará permitido abrir vanos para dar continuidad a circulaciones horizontales, siempre que en ellos se instale un sistema de cierre que asegure, como mínimo, una resistencia al fuego correspondiente a la clase F-60. El sistema de cierre deberá ser automático en caso de incendio y permitir su fácil apertura en forma manual, debiendo volverse a cerrar en forma automática.

8.- Todo ducto de humo deberá salir verticalmente al exterior y sobrepasar la cubierta en al menos 1,5 m, salvo que se trate de viviendas unifamiliares en las que dicha altura podrá ser no menos de 0,50 m.



Figura 15–10: El no cumplimiento de las disposiciones mínimas en lo que a protección pasiva se refiere, provocará que la estructura de un edificio presente escasa resistencia al avance de las llamas y propagación de gases, siendo altamente probable la muerte de personas.

15.4 RECOMENDACIONES DE DISEÑO PARA LA APLICACIÓN DE PROTECCIÓN PASIVA

En la actualidad, la construcción de viviendas en madera ha desarrollado un importante campo en la prefabricación e industrialización de sus elementos, partes y componentes. Sin embargo, aún carece de un claro concepto técnico, aplicable al diseño y especificaciones técnicas, para considerar en todos los casos aquellas variables que permitan obtener un producto de mayor calidad y seguridad frente a este tema.

Por lo anterior, al diseñar tanto arquitectónica como estructuralmente una vivienda de madera, es necesario considerar el concepto de subdivisiones, definidas como compartimentos.

Estos compartimentos se conforman por medio de elementos constructivos como muros, tabiques, entrepisos y puertas, entre otros, de manera que sean lo suficientemente estancos ante la acción del fuego por un lapso determinado.

La compartimentación permite que, en tanto no se hayan iniciado las acciones de combate y extinción de las llamas, el fuego se vea obstaculizado en su avance hacia otras dependencias, recintos o edificios contiguos.

Para cumplir con los objetivos fundamentales de protección pasiva de la estructura para viviendas de madera, se aplican parámetros de protección al diseño, los que se detallan a continuación:

15.4.1 Barrera física de madera

La madera juega un papel preponderante como material retardador en la propagación de llamas, ya que por naturaleza es un buen aislante térmico y puede actuar, momentánea pero eficientemente, como una barrera física que impide la movilización de los gases y la propagación de las llamas.

Ante la acción directa del fuego, la madera de Pino radiata se carboniza en promedio a razón de 0,7 a 0,9 mm/minuto, dependiendo de la calidad superficial. Al mismo tiempo, la capa carbonizada de madera se transforma en un escudo resistente que retarda aún más el avance de las llamas.

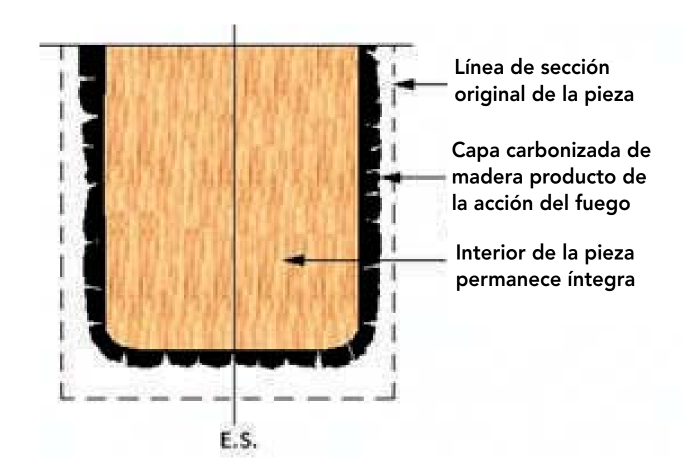


Figura 15 – 11: Sección transversal de una pieza maciza de madera de Pino radiata sometida a la acción del fuego. Capa carbonizada superficial que sirve de coraza para que no avance el fuego.

Las barreras físicas o barreras de fuego corresponden a un conjunto de piezas y componentes de madera estratégicamente ubicados e incorporados en el interior de la estructura resistente y en elementos verticales autosoportantes de la vivienda. Las funciones de los denominados "parallamas" son:

- Obstaculizar la ascensión o desplazamiento de gases tóxicos e inflamables.
- Retardar el avance de las llamas, evitando así que la estructura resistente se vea afectada al punto de colapsar, antes de asegurar la evacuación de personas o moradores de la vivienda y la propagación del fuego por el interior de los paneles a otros recintos.

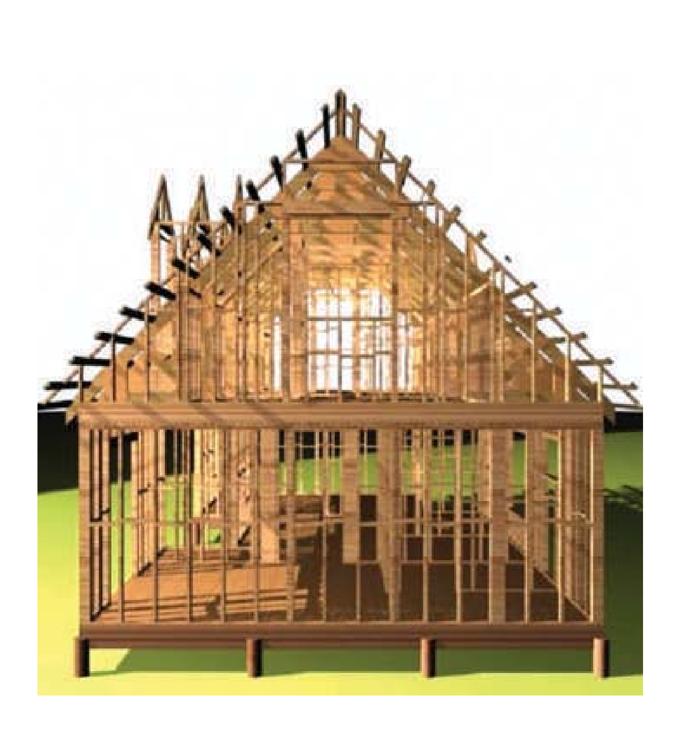


Figura 15 – 12: *Los parallamas son incorporados directamente a la estructura de la vivienda actuando como bloqueo y barrera contra la propagación de gases. y llamas.*

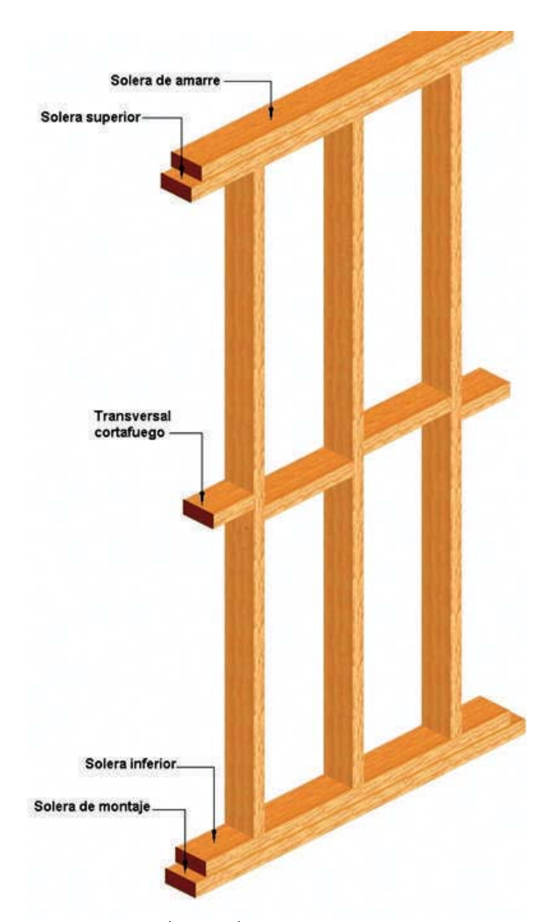


Figura 15 – 13: *Tabique de 1º o 2º piso con sus componentes de resistencia al fuego.*

Los "parallamas" se pueden distinguir según el elemento constructivo que es utilizado:

15.4.1.1 Tabiques de primer piso

En elementos verticales (sean o/no resistentes) deben ser incorporados los siguientes componentes:

- **Transversal cortafuego**
  Su función es bloquear la ascensión de gases y el avance vertical de las llamas por el interior del tabique hacia estructuras superiores.

- **Solera basal y solera inferior**
  Impiden que los gases y llamas penetren con facilidad al interior de las estructuras.

- **Jamba-pie derecho**
  La importancia de que el vano de una puerta o ventana esté estructurado con dos piezas de igual escuadría, en ambos costados verticales (jamba-pie derecho), radica en la vulnerabilidad que presentan ambos elementos cuando se produce el denominado "flashover", que es el escape explosivo del fuego a través de puertas y ventanas como reacción ante la falta de oxígeno en el recinto donde se produce el incendio.

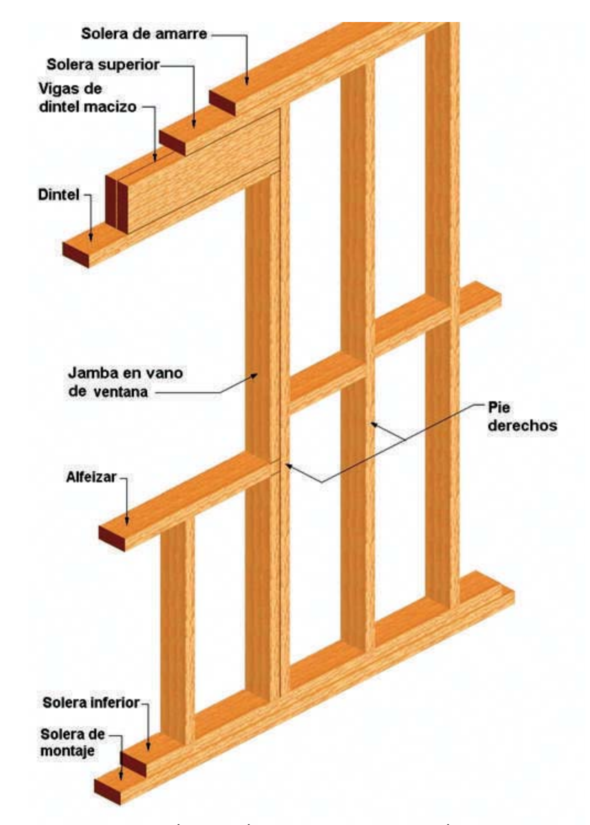


Figura 15 – 14: *Tabique de 1º piso con vano de ventana y sus componentes de resistencia al fuego.*

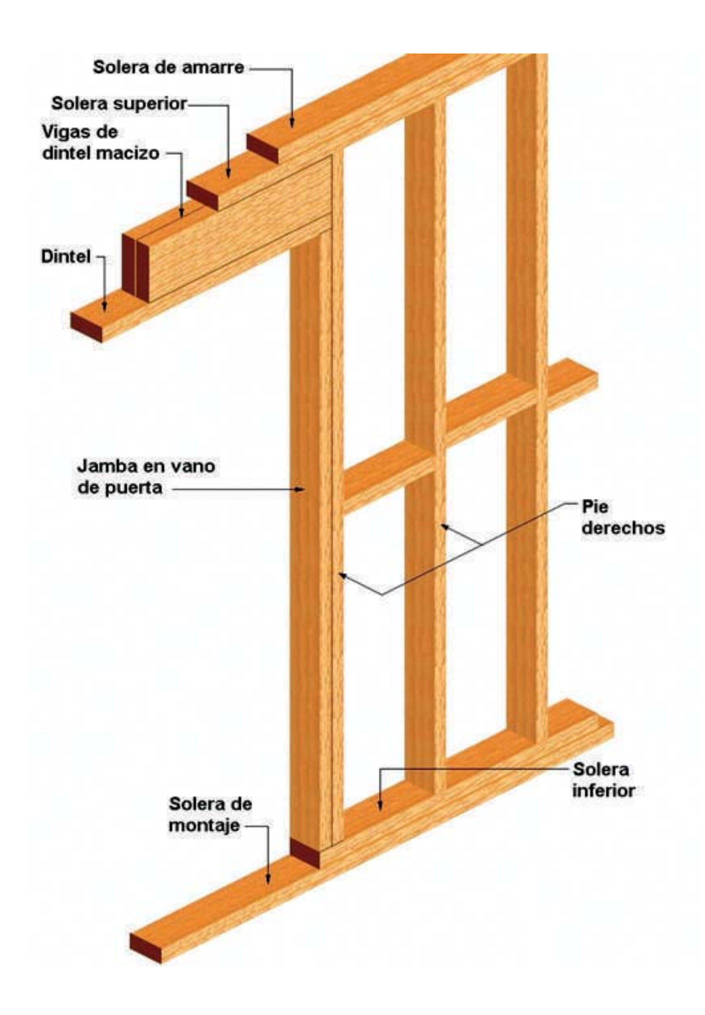


Figura 15 – 15: Tabique de 1° piso con vano de puerta y sus componentes de resistencia al fuego.

- **Vigas de dintel macizo**
  En vanos de luz superior a 80 cm de tabiques soportantes perimetrales es recomendable diseñar piezas macizas de madera, con el objeto de aumentar la resistencia del elemento, cuando las llamas escapan por dichas aberturas al momento de producirse el denominado "flashover".

15.4.1.2 Estructuras de piso y entrepisos

La estructura de entrepiso cumple una función preponderante en la resistencia al fuego de la vivienda. Para tal efecto, su diseño debe considerar la colocación de algunos componentes destinados a mejorar dicha condición.

- **Cadeneta de compartimentación**
  Corresponde a piezas de madera de igual escuadría de las vigas secundarias que estructuran los envigados de piso y entrepiso. La principal función de estos componentes es retardar la propagación horizontal de las llamas por el interior de la estructura. Es recomendable que las cadenetas de compar timentación se coloquen cada 120 cm de distanciamiento, dejando entre ellas una cadeneta de apoyo de menor escuadría para no incrementar el peso propio de la estructura completa.

- **Cadeneta de apoyo**
  Cumple la función de servir de apoyo en los bordes de los tableros de piso. Una cadeneta de apoyo puede ser al mismo tiempo una cadeneta de compartimentación y se coloca en forma alineada y alternada entre las vigas.

- **Viga cortafuego**
  Los tabiques que dividen interiormente los recintos de una vivienda deben tener igual condición que la estructura de entrepiso, de modo de evitar el salto o paso de las llamas por encima de él.

  Cuando las vigas secundarias, cuya disposición establece el diseño estructural, van en forma paralela a un tabique perimetral o interior, debe colocarse una viga adicional montada y paralela en toda la extensión del tabique, justo encima de la solera de amarre correspondiente. De este modo, se dificulta el paso de las llamas a nivel de estructura en entrepiso desde un recinto a otro.

- **Cadeneta cortafuego**
  Se utiliza para resolver la misma condición anteriormente descrita. La diferencia es que el componente (cadeneta cortafuego) se ubica cuando las vigas secundarias que conforman la estructura de entrepiso se distribuyen de manera ortogonal al o a los tabiques ubicados bajo aquellos.

Un aspecto importante de considerar es el sello contra fuego que se debe realizar en toda unión entre tableros estructurales base de piso. Es decir, todo borde de unión entre dichos tableros debe ser obturado o sellado por medio de vigas secundarias, cadenetas de compartimentación o de apoyo, según corresponda.

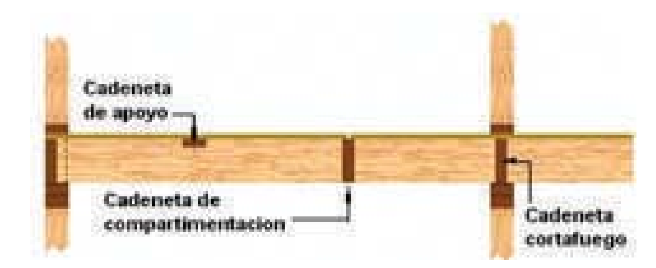


Figura 15 – 16: Perfil de distribución en componentes estructurales de entrepiso.

El montaje de envigados de entrepiso considera los siguientes pasos para la colocación de parallamas:

- Montaje del friso y vigas principales
- Montaje de vigas secundarias
- Montaje de cortafuegos y parallamas

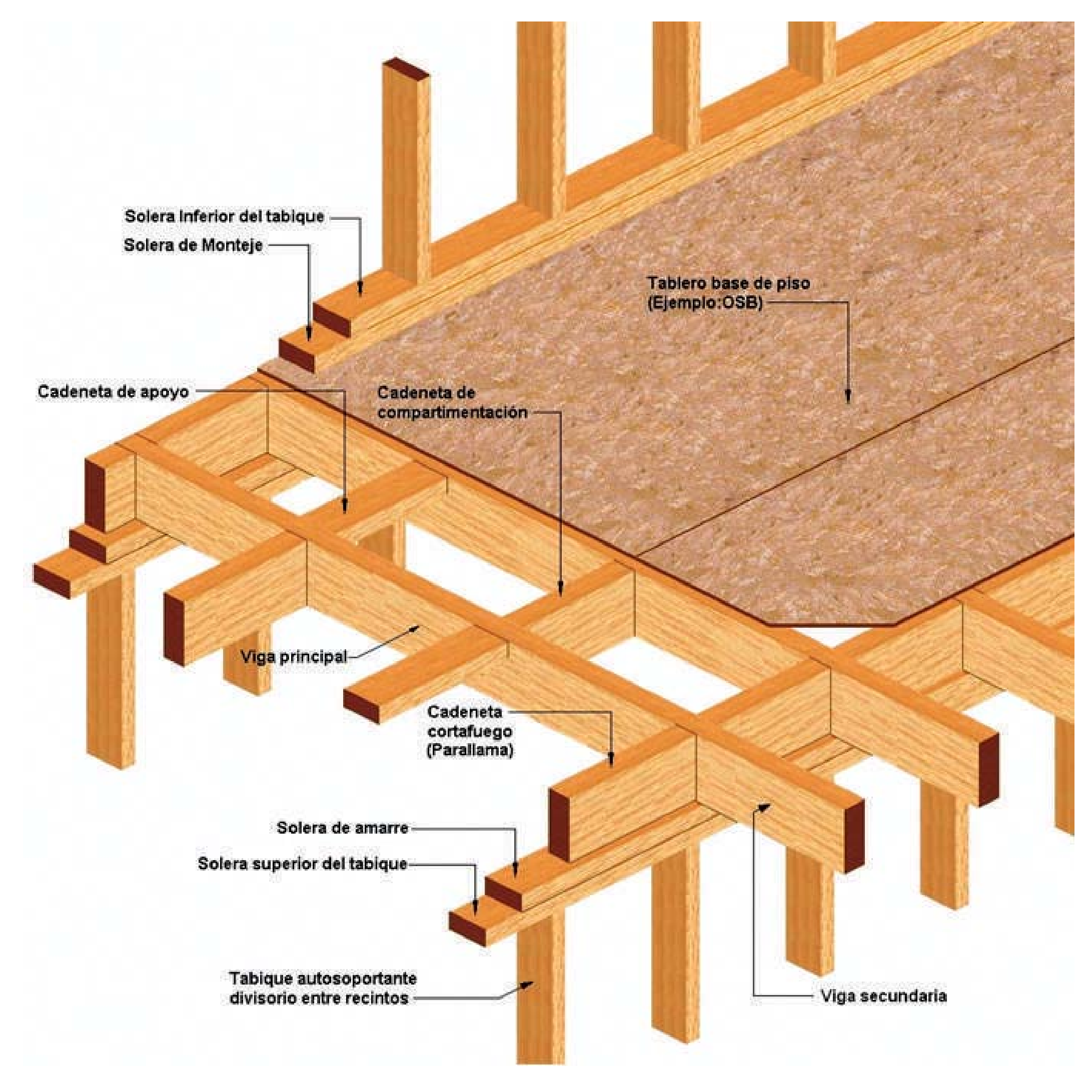


Figura 15 – 17: Estructura de entrepiso y distribución de sus componentes que mejora la resistencia al fuego del elemento completo.



Figura 15 – 18: *Etapa 1, montaje del friso y vigas principales en la estructura de entrepiso.*

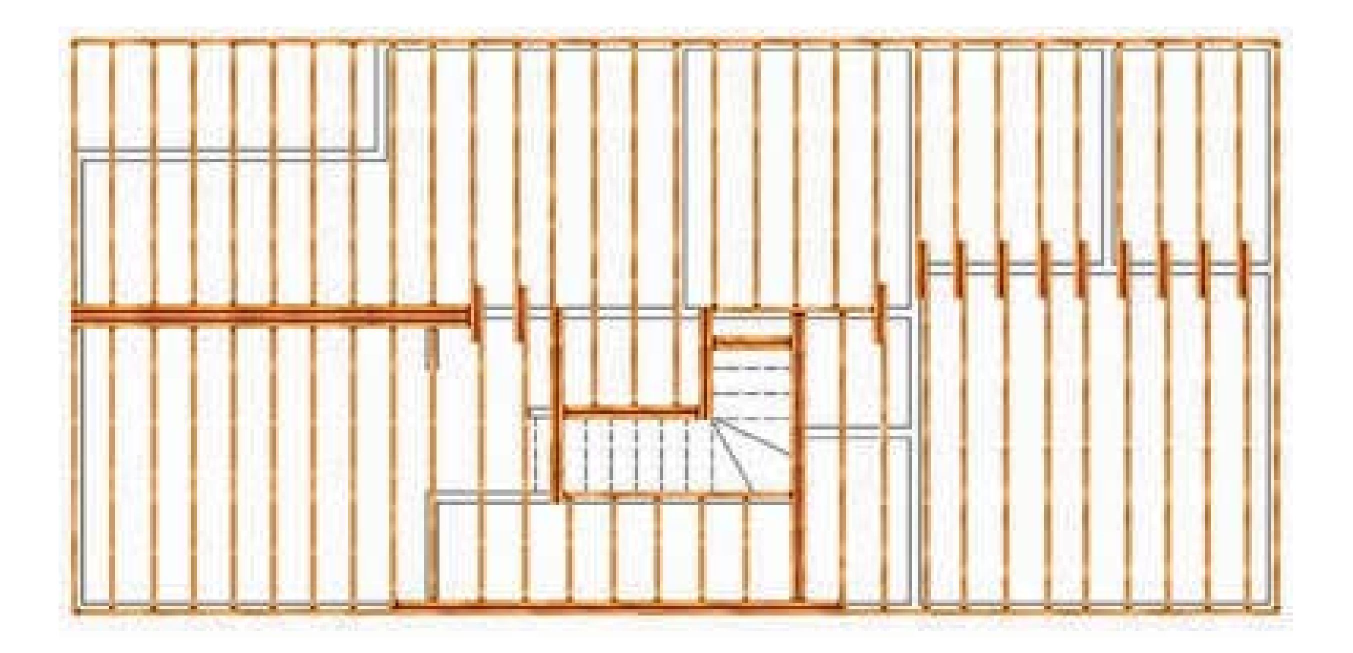


Figura 15 – 19: *Etapa 2, montaje vigas secundarias en la estructura de entrepiso.*



Figura 15 – 20: *Etapa 3, colocación y fijación de vigas cortafuego sobre tabiques paralelos y ortogonales a vigas secundarias.*

15.4.1.3 Tabiques de segundo piso

Para los tabiques de niveles superiores en la vivienda (2° piso o más) deben considerarse en el diseño las mismas condiciones establecidas para los tabiques del primer piso.

No obstante lo anterior, se debe tener especial precaución con los antepechos de ventanas en niveles superiores, cuando inmediatamente en el piso inferior también se presenta un vano, independientemente que se trate de una puerta o ventana.

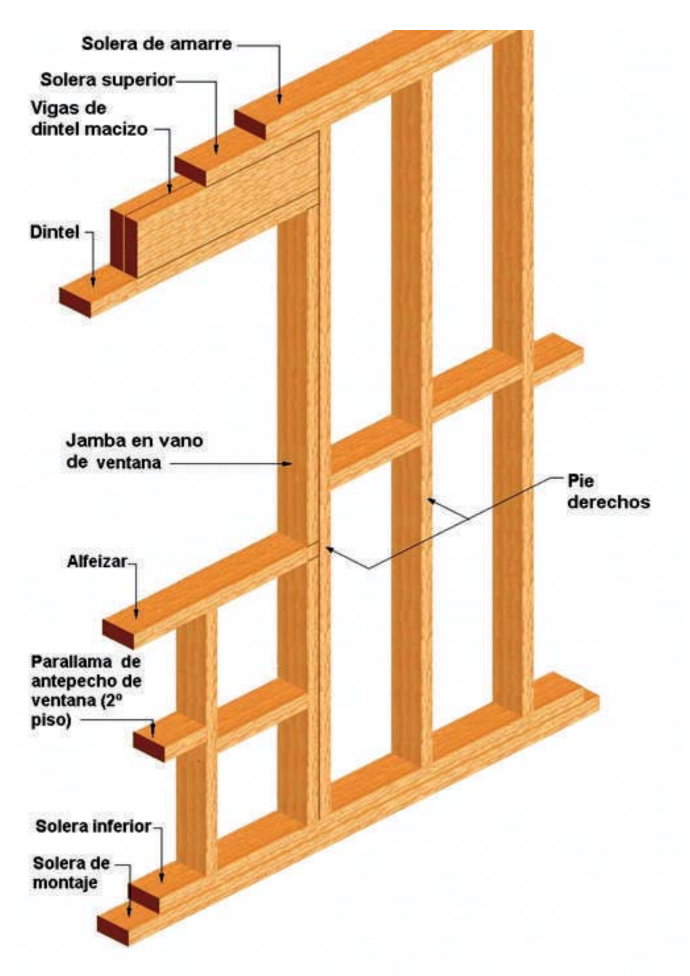


Figura 15 – 21: *Tabique de 2° piso con vano de ventana y sus componentes de resistencia al fuego.*

De lo anterior se puede afirmar que mientras mayor sea la sección transversal de las piezas utilizadas, mejor será el comportamiento de la estructura resistente en los tiempos de contención al avance de las llamas.

15.4.2. Uso de materiales de construcción no combustibles

Antes de definir los materiales de construcción que por sus características y composición presentan propiedades de incombustibilidad, es necesario nombrar aquellos materiales de uso común que sí son combustibles.

En primer lugar, se debe diferenciar entre:

- Revestimientos
- Recubrimientos
- Elementos de alhajamiento

Si los materiales especificados poseen una alta carga de combustible, tanto en el alhajamiento como en las terminaciones de la vivienda, en caso de un incendio declarado es de esperar una alta probabilidad de desgracias personales, una rápida propagación de las llamas, y una acelerada destrucción y colapso de la estructura.

Los denominados materiales de recubrimiento y elementos de alhajamiento en viviendas son los que aportan la mayor cantidad de gases tóxicos y favorecen la propagación de las llamas por su alta inflamabilidad.

Los **materiales de recubrimiento** que requieren especial atención al momento de ser especificados son:

- Revestimientos de madera como tableros, entablados de muro y cielos de poco espesor (menor a 3/4"), etc..
- Papeles murales
- Cubrepisos y alfombras
- Adhesivos con solventes volátiles o aromáticos
- Pinturas base oleosa
- Barnices
- Linóleos

Por su parte, los elementos de alhajamiento que presentan mayor peligro frente a la exposición de calor son:

- Tapices de muebles
- Cortinajes
- Muebles
- Enseres
- Ropa de cama y personal
- Papeles y cartones
- Clóset
- Artículos y líquidos de aseo, etc..

Se debe tener presente que:

- Los elementos de alhajamiento anteriormente descritos están presentes en mayor o menor medida en casi todas las viviendas unifamiliares.
- La voracidad de un incendio no depende del tipo de material predominante en la estructura soportante, sino de la cantidad y características de los materiales y elementos antes citados.
- Los gases tóxicos son los que provocan la mayor cantidad de decesos en un incendio y no la acción directa de las llamas, como comúnmente se cree.

Por todo lo anterior, deben considerarse en el diseño **revestimientos de protección** que se fijan a los entramados de madera y cuya misión es complementar y mejorar el tiempo de resistencia al fuego en la estructura o esqueleto soportante, durante un lapso determinado para la evacuación de las personas que habitan en ella.

Los materiales que se presentan a continuación pueden denominarse **revestimientos de protección**, ya que presentan adecuadas propiedades para retardar la acción de las llamas y evitar que afecten en forma inmediata la estructura resistente de la vivienda. Entre los más utilizados están:

15.4.2.1 Plancha de yeso cartón

Es un material sólido, durable y estable. Al mismo tiempo, presenta características de ductilidad y trabajabilidad (fácil de cortar, clavar y atornillar).

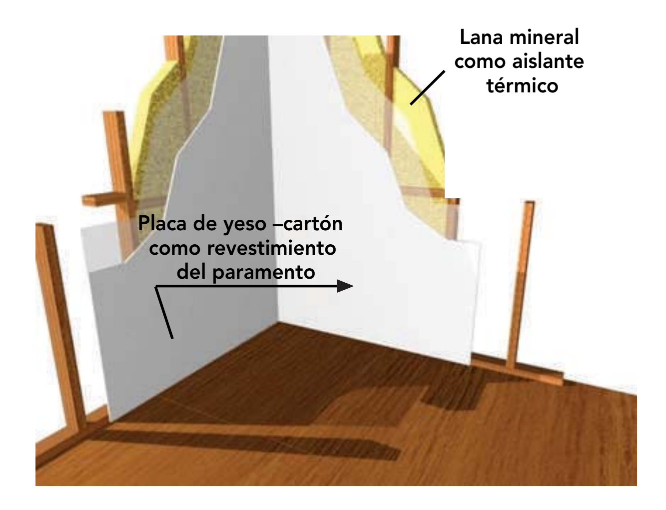


Figura 15 – 22: Muro interior revestido con placas de yeso cartón.

Se utiliza principalmente como revestimiento protector de muros, tabiques y cielos protegidos de la intemperie en proyectos de construcción de viviendas.

Su principal característica es su flexibilidad e incombustibilidad, lo que lo convierte en un material recomendado para aplicaciones constructivas resistentes al fuego.

El núcleo de yeso y el revestimiento de cartón le confieren convenientes cualidades de aplicación y manipulación.

En la actualidad se comercializan planchas de tres tipos:

- Plancha de yeso cartón con características estándar.
- Plancha de yeso cartón con especiales características de resistencia al fuego.
- Plancha de yeso cartón con especiales características de resistencia a la humedad.

Las planchas de yeso cartón son fabricadas por la industria en los siguientes espesores:

- Planchas estándar (**ST**): 8; 10; 12,5; 15; 25; 30 y 45 mm.
- Planchas resistentes al fuego (**RF**): 12,5 y 15 mm.
- Planchas resistentes a la humedad (**RH**): sólo en 15 mm.

Para efectos de resistencia al fuego la plancha de yeso cartón tipo RF, posee mejores propiedades frente a la acción de las llamas, dado que en su fabricación se incorpora fibra de vidrio al núcleo de yeso para aumentar su resistencia.

Estas fibras permiten retardar el colapso de las planchas sometidas al fuego, por lo tanto actúan como barrera efectiva, protegiendo en forma adicional las estructuras revestidas con ella.

15.4.2.2 Planchas de fibrocemento

Como revestimientos de protección representan una buena solución para recintos húmedos como baños, cocinas, muros a la intemperie, ambientes salinos o alcalinos. Poseen propiedades impermeables, imputrescentes e incombustibles.

Es un material comercializado con formatos específicos, según requerimientos particulares de recintos húmedos o a la intemperie:

- **Planchas de fibrocemento estándar:** Son aquellas que en su superficie recibirán recubrimientos simples como pinturas o láminas vinílicas. Son aplicables como revestimiento de tabiques, especialmente donde se requiere incombustibilidad, y al mismo tiempo, resistencia a la humedad.
- **Planchas de fibrocemento de alta densidad:** aplicables en muros estructurales y ambientes con humedad constante y en zonas expuestas a la lluvia.
- **Planchas de fibrocemento de superficie texturada:** para recibir recubrimiento de terminación, por ejemplo, palmetas cerámicas e incluso enchapes de ladrillo.

Las planchas de fibrocemento son fabricadas por la industria nacional en los siguientes espesores:

- Planchas de fibrocemento estándar: 4, 5, 6, 8 y 10 mm.
- Planchas de fibrocemento de alta densidad: 4 y 6 mm.
- Planchas de fibrocemento texturado: 6 mm.

Una de las aplicaciones más convenientes de las planchas es como barrera de protección bajo aleros de la estructura de techumbre, dado su poco espesor e incombustibilidad, en zonas donde está presente un vano de puerta o ventana. En efecto, es precisamente en dichos lugares, donde el fuego ataca y destruye con mayor violencia la estructura de una vivienda, debido principalmente a que los aleros presentan la permeabilidad necesaria (ventilación) para la rápida propagación de llamas hacia la estructura de techumbre (entretecho).

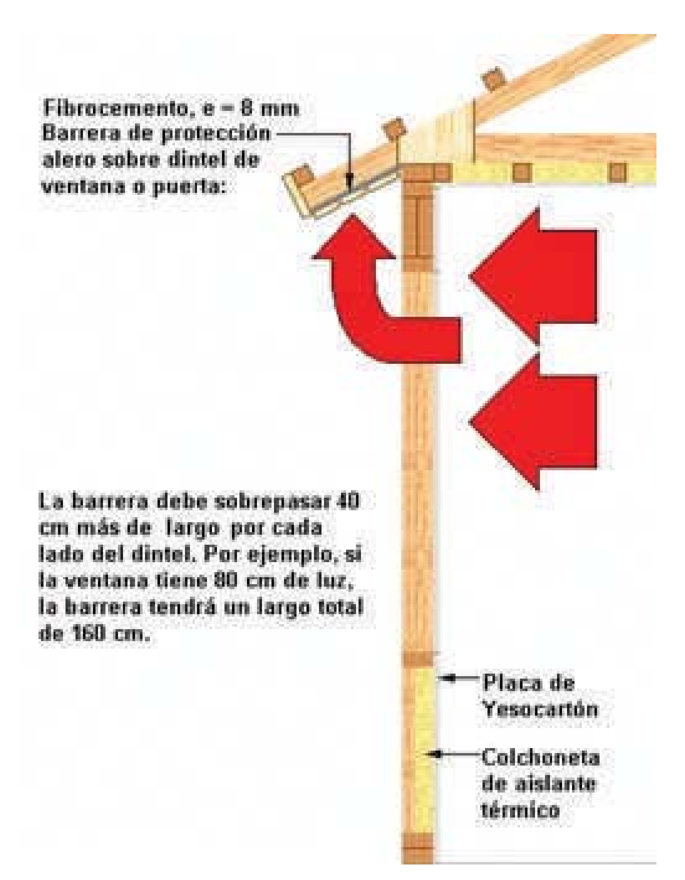


Figura 15 – 23: Barrera de protección en placa de fibrocemento de 8 mm de espesor bajo alero para evitar penetración de llamas hacia la estructura de techumbre bajo la cubierta.

15.4.2.3 Aislantes térmicos

En Chile se comercializan principalmente cuatro tipos de productos destinados a la aislación termo-acústica:

- Planchas de poliestireno expandido
- Lámina de fibra sintética
- Planchas o rollos de lana mineral
- Planchas o rollos de lana de vidrio

a) Poliestireno expandido

El poliestireno expandido posee la ventaja de ser un material de muy bajo peso y relativamente económico. Además, bien protegido de la acción del calor, no reviste peligro inmediato para la estructura soportante de una edificación. Sin embargo, en contacto con el fuego, se consume casi instantáneamente, no sin provocar la aparición de llamas residuales de corta duración.

b) Fibra sintética

Tiene un comportamiento similar al poliestireno expandido.

c) Lana mineral

Es un material compuesto por fibras minerales blancas, largas y extra finas obtenidas al someter rocas ígneas con alto contenido de sílice a un proceso de fundición. Estas fibras son aglomeradas con resinas de tipo fenólico, formando colchonetas, rollos, bloques y caños premoldeados.

Debido a su origen, la lana de fibra mineral es incombustible y no inflamable, por lo que tiene las características de material retardador del fuego. No emite gases tóxicos y posee baja conductividad térmica (del orden de 0,030 a 0,043 W/m °C a 20 °C).

d) Lana de vidrio

Es un producto fabricado fundiendo arenas a altas temperaturas con alto contenido de sílice y con adición de otros componentes.

Gracias a diferentes procesos de fabricación adicionales, es posible obtener productos en múltiples formatos como rollos, paneles u otros, de variados espesores, densidades y que pueden tener diferentes revestimientos adicionales.

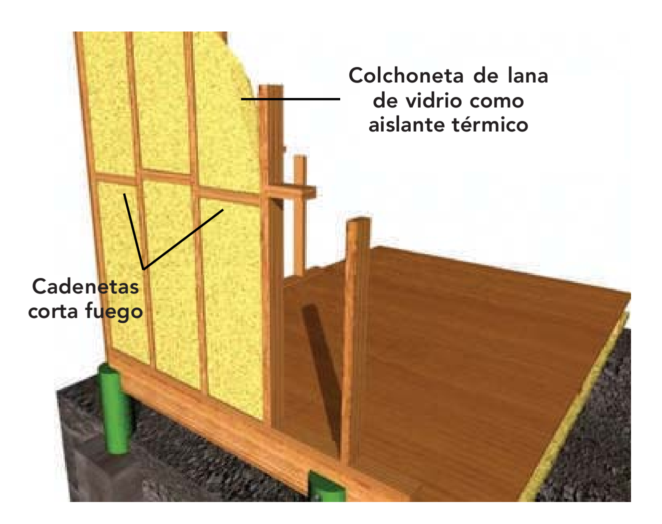


Figura 15 - 24: Tabique perimetral con aislante térmico tipo lana de vidrio.

Dado su proceso de fabricación, es un material capaz de soportar elevadas temperaturas en caso de incendio. Se puede afirmar que ayuda a retardar la propagación de las llamas.

15.4.2.4 Barnices retardantes e ignífugos

a) Barnices retardantes

Son aplicables como recubrimiento de terminación en forma superficial, en muros, tabiques y cielos revestidos en madera. Tienen la particularidad de dar una terminación muy similar a la aplicación de barnices y su función principal es retardar la aparición de llamas y disminuir la generación de gases tóxicos.

Estos barnices o pinturas están compuestos en base a emulsiones de caucho modificado con aditivos especiales, los que confieren a la madera importantes propiedades de retardo a la propagación de las llamas.

b) Ignífugos para madera

A diferencia de los anteriores, son utilizados con métodos de vacío y presión, especialmente recomendables para aplicar a la estructura resistente de una vivienda.

Como agente químico, su principal propiedad es reducir la aparición de llamas en la superficie de la madera, evitando su carbonización acelerada durante un incendio declarado.

15.4.3 Utilización, disposición y ordenamiento de los elementos que conforman la estructura de la vivienda

Se refiere a un conjunto de materiales y/o componentes de construcción, cuya disposición y ordenamiento metódico cumple con objetivos de armado, estructuración o división de los diferentes recintos que conforman una edificación. En viviendas de madera corresponden a los diferentes elementos verticales y horizontales que la estructuran y que en caso de incendio, retardan el colapso de éstas, durante el tiempo establecido en la legislación vigente.

Dicha resistencia o retardo se expresa en minutos, asociada al uso específico del elemento en la estructura de la vivienda y los materiales que lo conforman.

Una vivienda de madera debe ser diseñada y proyectada con ciertos parámetros de resistencia al fuego, de todos y cada uno de los elementos de construcción que la componen.

En una vivienda unifamiliar aislada se recomienda que los tabiques soportantes, tanto perimetrales como interiores, posean una resistencia mínima al fuego de 30 minutos (F-30) y sus tabiques autosoportantes interiores, 15 minutos (F-15) **Figura 15 - 25**.

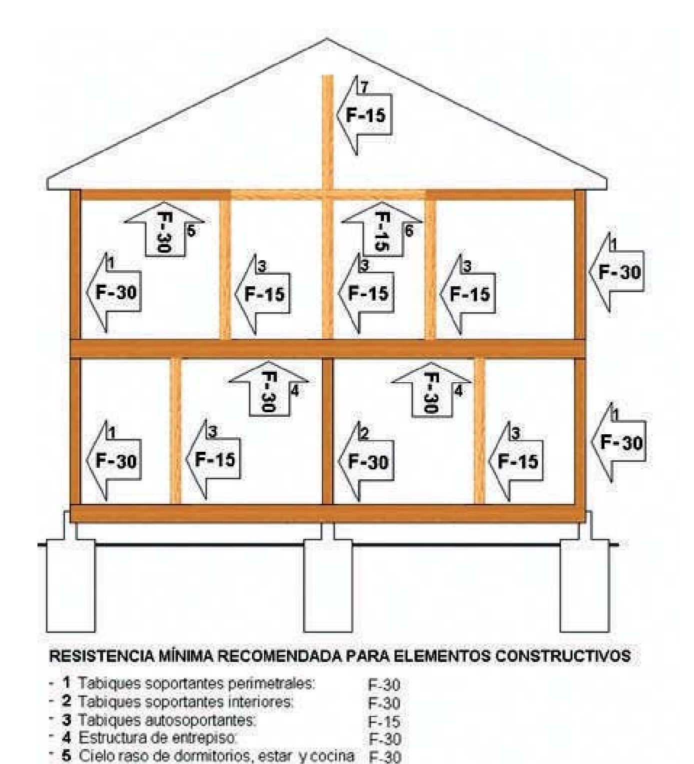


Figura 15 – 25: Requerimiento mínimo de resistencia al fuego por tipo de elemento de construcción y servicio, para viviendas unifamiliares no pareadas ni adosadas.

A continuación se presenta la solución mínima de resistencia al fuego requerida para cada tipo de tabique según uso o destino:

15.4.3.1 Tabique soportante perimetral

Los componentes y materiales mínimos para el diseño de este tipo de tabique son:

- OSB de 9,5 mm o contrachapado fenólico de 10 mm de espesor por la cara exterior del elemento.
- Yeso cartón RF de 15 mm de espesor por la cara interior del elemento.
- Entramado vertical de madera en piezas de Pino radiata de 2”x 4” (41 x 90 mm).
- Aislante térmico de lana mineral o fibra de vidrio, 60 mm de espesor.

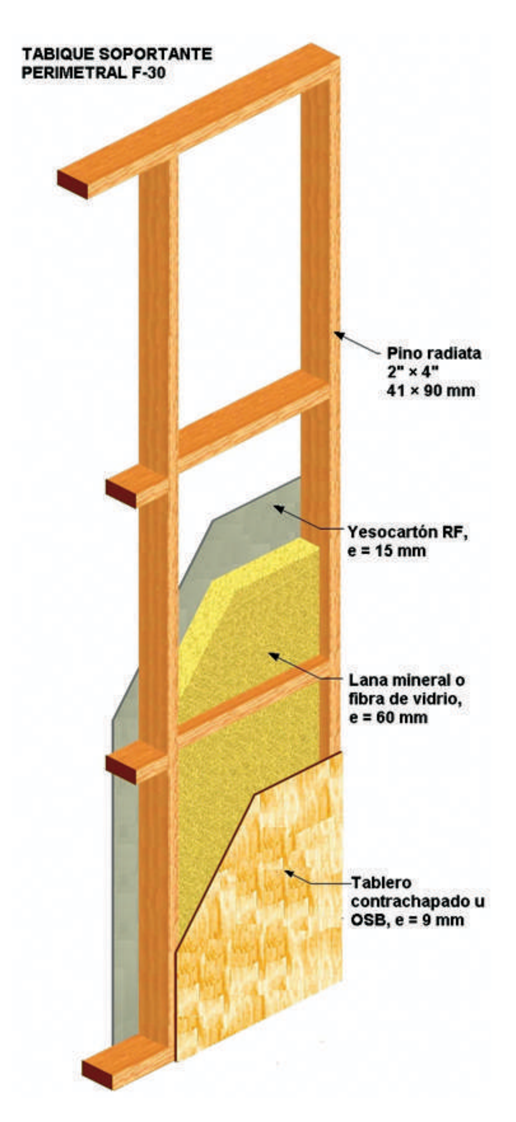


Figura 15 – 26: Solución mínima F-30 para tabiques soportantes perimetrales. Una o dos filas de transversales cortafuego son opcionales.

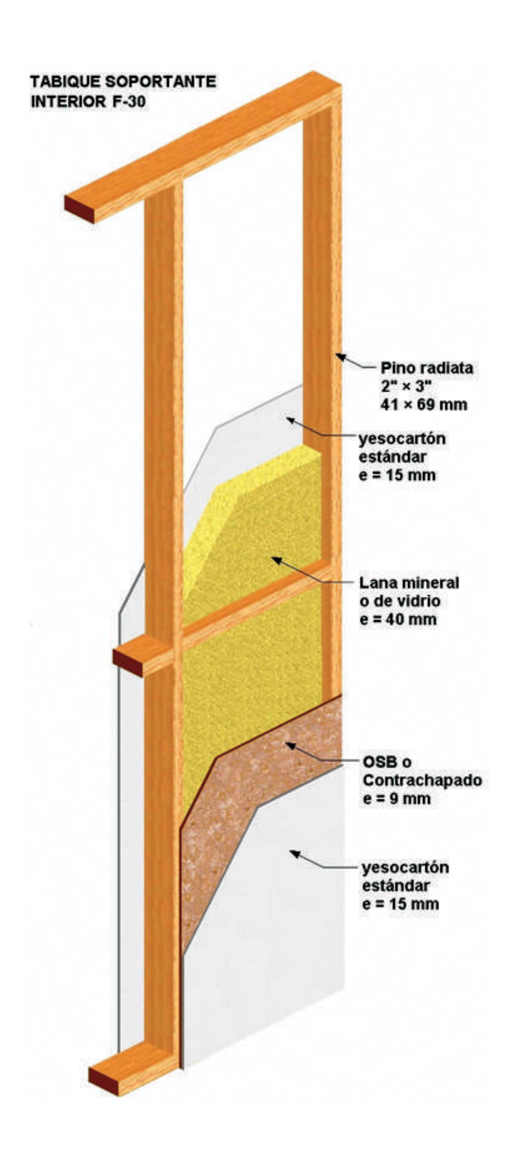


Figura 15 - 27: Solución mínima F-30 para tabiques soportantes interiores. Una o dos filas de transversales cortafuego son opcionales.

15.4.3.2 Tabique soportante interior

Los componentes y materiales mínimos para el diseño de este tipo de tabique son:

- Yeso cartón estándar 15 mm de espesor, por ambas caras del elemento.
- Entramado vertical de madera, en piezas de Pino radiata de 2"x 3" (41 x 69 mm).
- Aislante térmico de lana mineral o fibra de vidrio, 40 mm de espesor.
- Como se trata de un tabique soportante (en interior), por una de sus caras debe ser incorporado además un tablero arriostrante de OSB o contrachapado estructural, de 9 mm de espesor mínimo.

15.4.3.3 Tabique autosoportante

Los componentes y materiales mínimos para el diseño de este tipo de tabique son:

- Yeso cartón estándar de 10 mm de espesor por ambas caras del elemento.
- Entramado vertical de madera, en piezas de Pino radiata de 2"x 2" (41 x 41 mm).

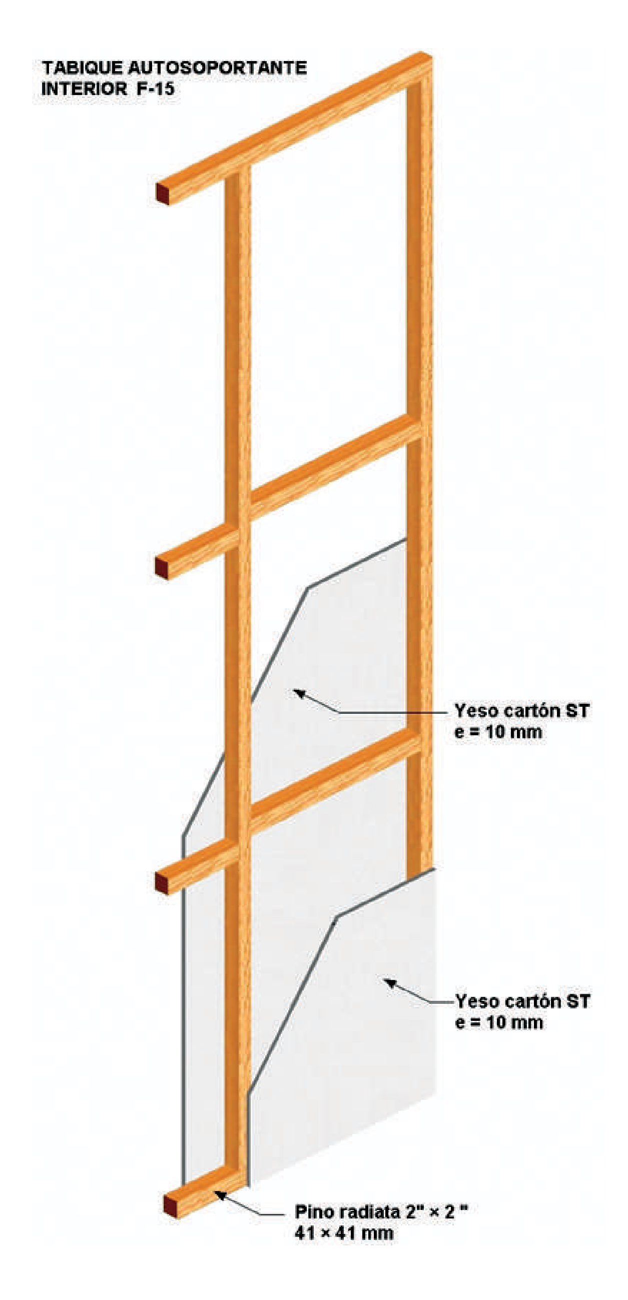


Figura 15 - 28: Solución mínima F-15 para tabiques autosoportantes interiores. Una o dos filas de transversales cortafuego son opcionales.

15.4.3.4 Cielo raso de 1° piso y dormitorios de 2° piso F – 30

Los componentes y materiales mínimos para el diseño de este tipo de cielo raso son:

- Yeso cartón RF de 12,5 mm de espesor.
- Entramado horizontal de madera, en piezas de Pino radiata de 2"x 2" (41 x 41 mm), distanciadas como máximo a 40 cm.

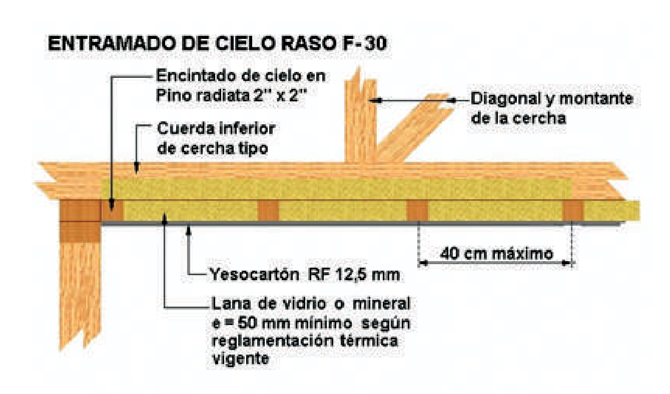


Figura 15 – 29: Solución mínima F-30 para cielo raso en cielos bajo estructura de entrepiso o dormitorios de 2° piso.

15.4.3.5 Cielo raso de segundo piso y otros recintos

Los componentes y materiales mínimos para el diseño de este tipo de cielo raso son:

- Yeso cartón estándar de 10 mm de espesor.
- Entramado horizontal de madera en piezas de Pino radiata, de 2"x 2" (41 x 41 mm), distanciadas como máximo a 60 cm.

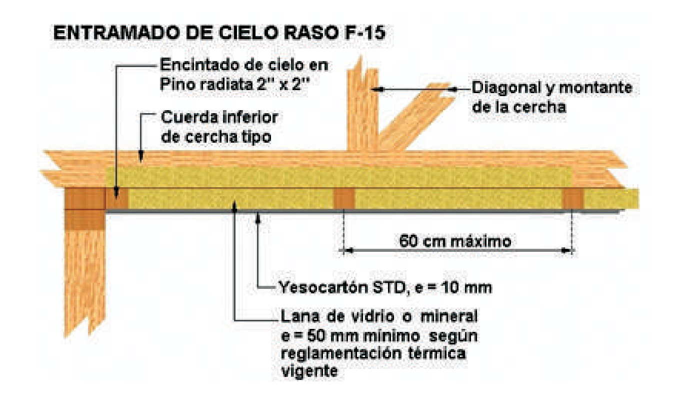


Figura 15 - 30: Solución mínima F-15 para cielo raso en cielos de segundo piso, excepto dormitorios.

15.4.4 Muro cortafuego

Es un elemento constructivo vertical que logra una discontinuidad física entre viviendas pareadas o aisladas con adosamiento a otra, cuya función principal es bloquear el paso de las llamas de una vivienda a otra.

A nivel de estructura de techumbre, debe obstaculizar por completo el paso de corrientes de aire entre espacios ocultos a nivel de entretechos y lucarnas de ventilación.

En resumen, un muro cortafuego delimita viviendas, recintos y espacios en compartimientos estancos, evitando la propagación de gases inflamables y llamas en forma directa entre ellos.

Para tal efecto, debe considerarse en el diseño las soluciones establecidas en el "Listado de elementos constructivos resistentes al fuego" del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU).

Tal como se establece en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, dicho elemento constructivo debe tener una resistencia mínima al fuego de 1 hora (F-60).

A continuación se presenta una serie de cuatro soluciones tipo, que pueden ser aplicadas dependiendo del servicio que el elemento preste:

15.4.4.1 Panel doble muro F-60

Los componentes y materiales mínimos para el diseño de este tipo de tabique cortafuego son:

- Dos tabiques de Pino radiata 2"x 3" (41 x 69 mm), paralelos entre sí.
- La cara interna enfrentada de ambos tabiques va revestida con un tablero contrachapado estructural de 9 mm de espesor, separado por un listón central de Pino radiata de 1"x 2".
- La cara externa o a la vista de ambos tabiques (siempre protegida de la intemperie) va revestida con placas de yeso cartón RF, de 12,5 mm de espesor.

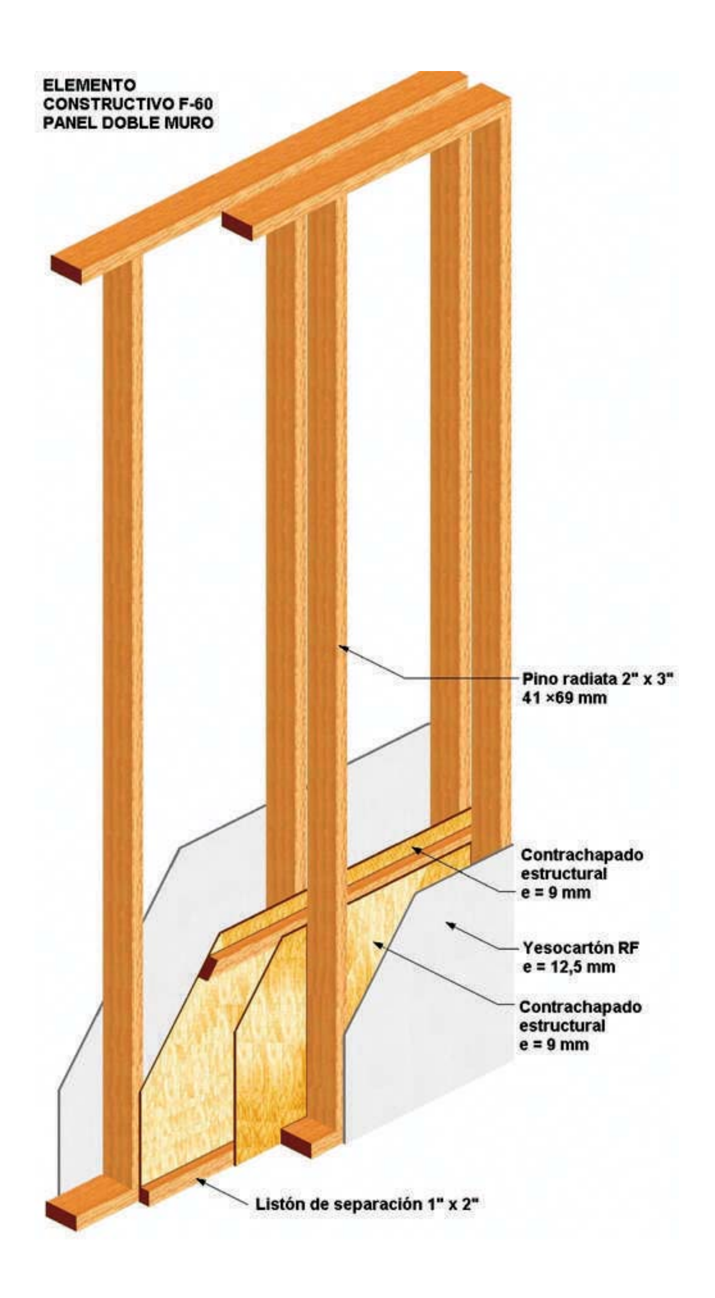


Figura 15 - 31: Elemento constructivo cortafuego tipo panel doble muro F-60, Fundación Chile.

- Este tipo de tabique sólo puede ser utilizado como elemento divisorio entre unidades de viviendas.

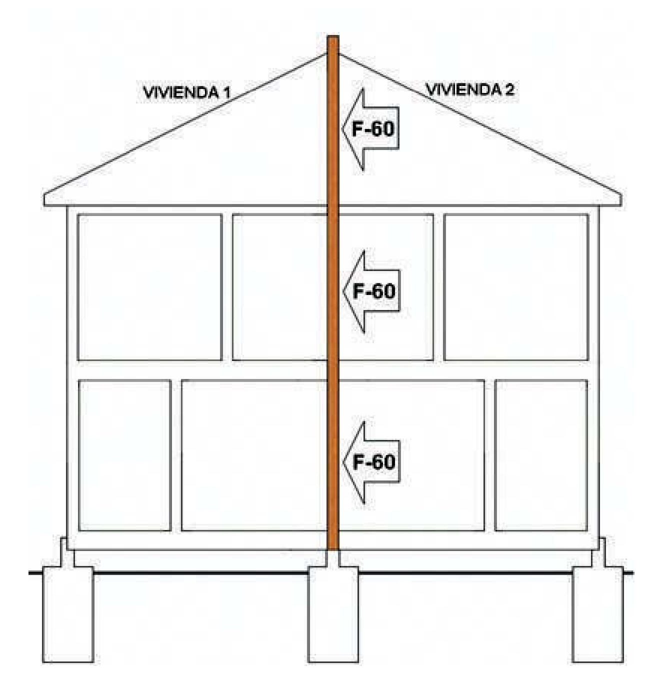


Figura 15 – 32: Corte esquemático de utilización del panel doble muro F-60, Fundación Chile.

Las características más importantes de este tipo de muro cortafuego son:

- Resistencia mínima al fuego, 60 minutos (F-60).
- Es utilizable sólo como tabique cortafuego entre unidades de viviendas.
- La distancia máxima entre pie derecho es 60 cm.
- Pueden incorporarse cualquier tipo de aislante térmico o acústico.
- Puede incorporarse transversales cortafuego en ambos muros.
- El muro debe ser continuo, desde la fundación hasta la cumbrera.

15.4.4.2 Tabique Promatect F-60

Los componentes y materiales mínimos para el diseño de este tipo de tabique cortafuego son:

- Tabiques de Pino radiata 2" x 3" (41 x 69 mm).
- Ambas caras revestidas con placas de fibrosilicato (fibrocemento) de 8 mm de espesor.
- Doble colchoneta de aislante térmico de fibra de vidrio, 40 mm de espesor.

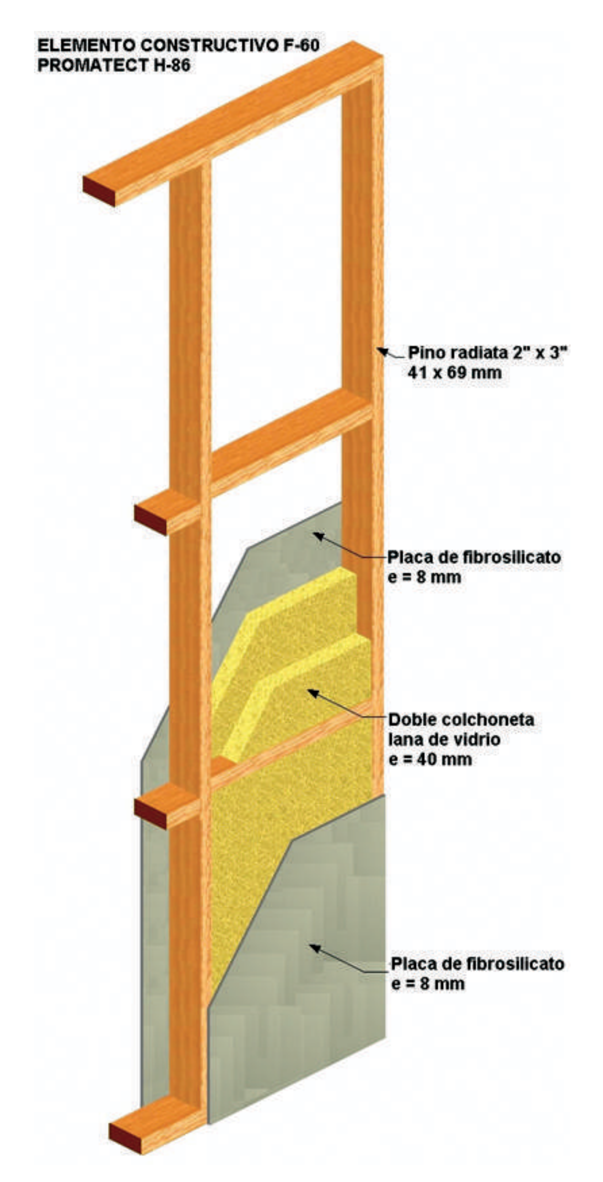


Figura 15 - 33: Elemento constructivo F-60 Promatect H-86.

- Este tabique puede ser utilizado también como tabique soportante perimetral:

Las características más importantes de este tipo de elemento son:

- Resistencia mínima al fuego 60 minutos (F-60).
- Es utilizable como tabique cortafuego entre unidades de viviendas.
- Es utilizable como tabique soportante perimetral, incorporando un tablero estructural en una de sus caras.
- La distancia máxima entre pie derecho es 60 cm.
- Utiliza dos filas de transversales cortafuego en los tercios de la altura del elemento cada 80 cm aproximadamente.

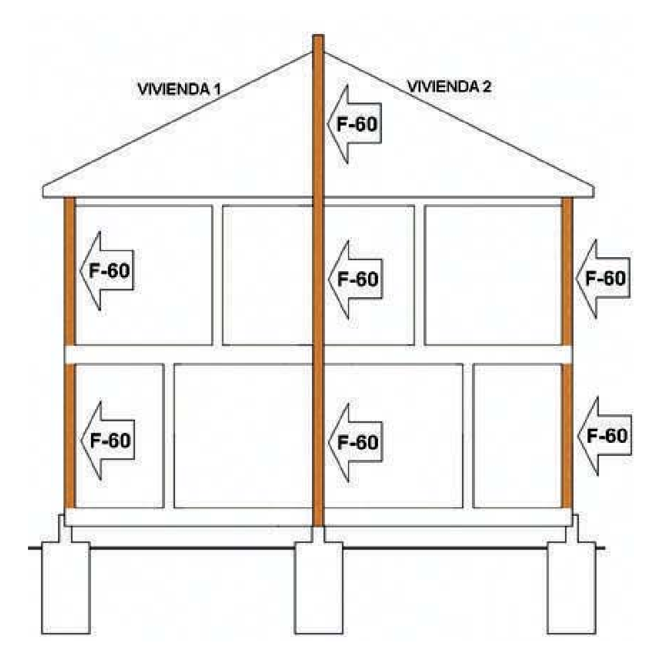


Figura 15 - 34: Corte esquemático de utilización del tabique cortafuego Promatect H-86.

15.4.4.3 Tabique Superboard Pizarreño

Los componentes y materiales mínimos para el diseño de este tipo de tabique cortafuego son:

- Tabiques de Pino radiata 2"x 4" (41 x 90 mm).
- Ambas caras revestidas con placas de fibrocemento, 8 mm de espesor.
- Colchoneta de aislante térmico de fibra de vidrio, 90 mm de espesor.

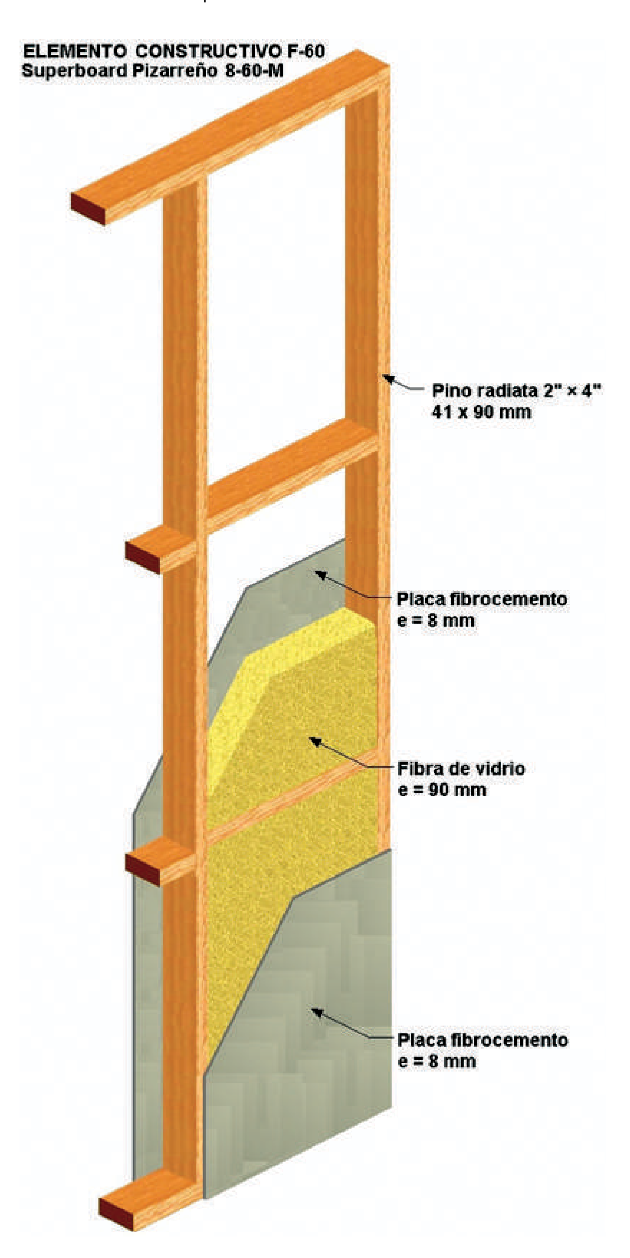


Figura 15 - 35: Elemento constructivo F-60 Superboard Pizarreño 8-60-M.

Las características más importantes del tabique Superboard son idénticas al anteriormente descrito, en cuanto a la configuración de armado, utilización y servicio en la vivienda.

15.4.4.4 Tabique Owens Corning

Los componentes y materiales mínimos para el diseño de este tipo de tabique son:

- Tabiques de Pino radiata 2" x 2" (41 x 41 mm).
- Ambas caras revestidas con placas de yeso cartón RF, 12,5 mm de espesor.
- Colchoneta de aislante térmico de fibra de vidrio, 50 mm de espesor.

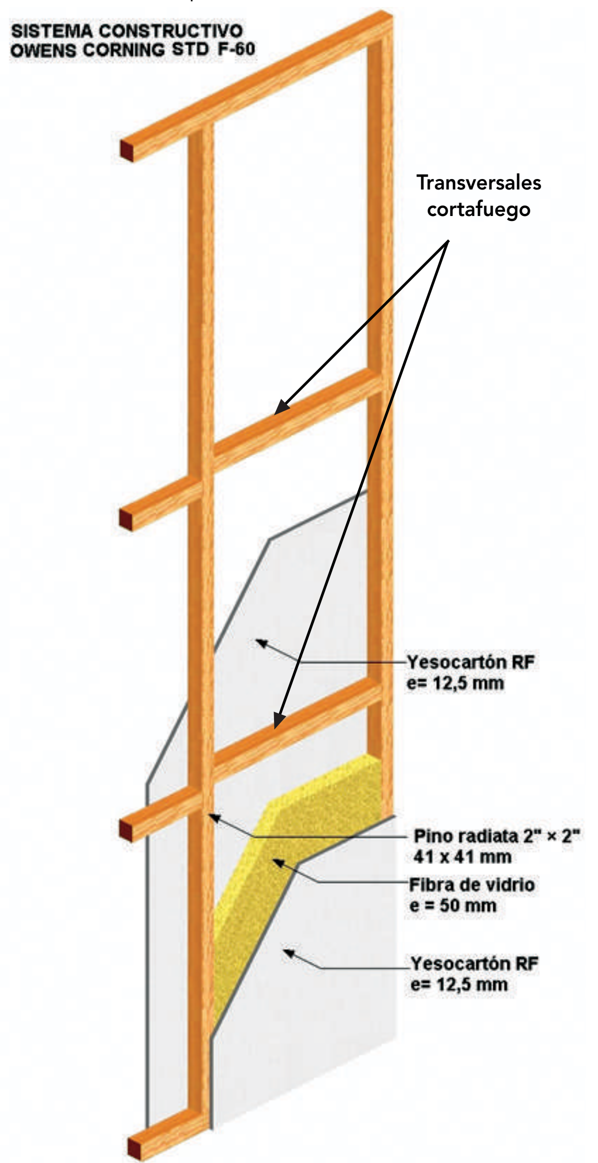


Figura 15 - 36: Elemento constructivo F-60 Owens Corning STD.

Las características más importantes del tabique Owens Corning son:

- Resistencia mínima al fuego 60 minutos (F-60).
- Es utilizable como tabique cortafuego autosoportante (a nivel de entretecho de la vivienda).
- Puede ser utilizado como tabique divisorio interior en una vivienda, cuando se requieren condiciones especiales de resistencia al fuego.
- Los pie derecho van distanciados cada 60 cm como máximo.
- El sistema utiliza dos filas de transversales cortafuego en los tercios de la altura del elemento.
- Este tipo de elemento no es utilizable como tabique soportante, aún incorporando tableros estructurales.

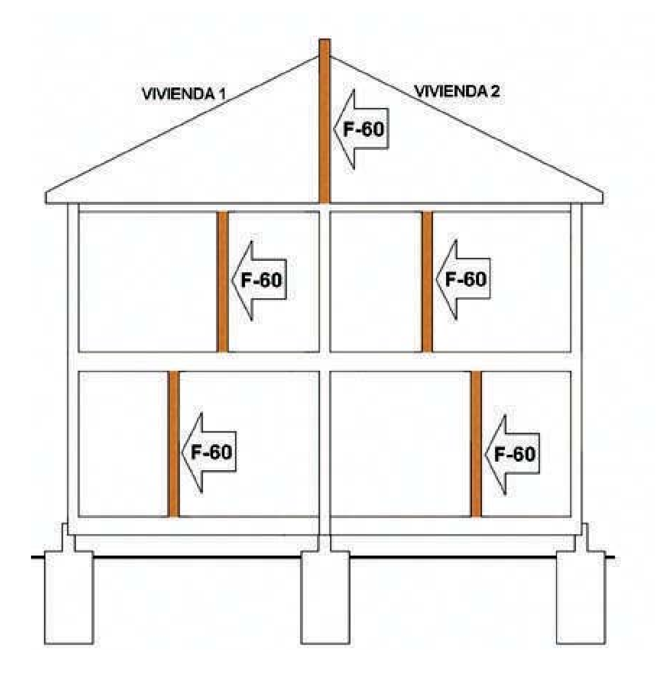


Figura 15 - 37: Corte esquemático de utilización del tabique cortafuego Owens Corning STD.

BIBLIOGRAFIA

- American Plywood Association, "Wood Reference Handbook", Canadian Wood Council, Canadá, 1986.
- Branz, "House Building Guide", Nueva Zelanda, 1998.
- Canada Mortgage and Housing Corporation, CMHC, "Manual de Construcción de Viviendas con Armadura de Madera – Canadá", Publicado por CMHC, Canadá, 1998.
- Canada Mortgage and Housing Corporation, CMHC, "Woodframe Envelopes in the Coastal Climate of British Columbia", Publicado por CMHC, Canadá, 2001.
- D.F.L. N° 458 y D.S N° 47 Ley y Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU).
- Goring, L.J; Fioc, LCG, "First-Fixing Carpentry Manual", Longman Group Limited, Inglaterra, 1983.
- Jiménez, F; Vignote, S, "Tecnología de la Madera", 2° Edición, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría General Técnica Centro de Publicaciones, Madrid, España, 2000.
- Lewis, G; Vogt, F, "Carpentry", 3° Edición, Delmar Thomson Learning, Inc., Nueva York, EE.UU., 2001.
- Spence, W; "Residencial Framing", Sterling Publishing Company, Inc., Nueva York, EE.UU., 1993.
- Stungo, N; "Arquitectura en Madera", Editorial Naturart S.A Blume, Barcelona, España, 1999.
- Wagner, J; "House Framing", Creative Homeowner, Nueva Jersey, EE.UU., 1998.
- www.inn.cl (Instituto Nacional de Normalización).
- NCh 630 Of 1998 Madera – Preservación – Terminología.
- NCh 631 c.R2002 Madera Preservada – Extracción de muestra.
- NCh 933 Of.85 Prevención de incendios en edificios – Terminología.
- NCh 935/1 Of.84 Prevención de incendio en edificio – Ensayos de resistencia al fuego – Parte 1: Elementos de construcción en general.
- NCh 935/2 Of.84 Prevención de incendio en edificio – Ensayos de resistencia al fuego – Parte 2: Puertas y otros elementos de cierre.
- NCh 1914/1 Of.84 Prevención de incendio en edificio - Ensayos de resistencia al fuego – Parte 1: Determinación de la no combustibilidad de materiales de construcción.


CORPORACION CHILENA DE LA MADERA
CORMA
CHILE PAIS FORESTAL

Unidad 16

CONSIDERACIONES EN EL DISEÑO Y EJECUCION DE LAS INSTALACIONES EN UNA VIVIENDA

Centro de Transferencia Tecnológica



Unidad 16

UNIDAD 16

CONSIDERACIONES EN EL DISEÑO Y EJECUCION DE LAS INSTALACIONES EN UNA VIVIENDA

16.1 GENERALIDADES

Una de las ventajas que ofrece el sistema de construcción de vivienda con estructura en madera, es utilizar espacios libres en cualquier tipo de entramado para ubicar ductos y cañerías de instalaciones sanitarias, eléctricas y de gas, que se requieren en toda vivienda. Además, estos espacios son aprovechados para el aislamiento térmico, que permite asegurar un ambiente cálido en invierno con ahorro significativo de energía y fresco en el período estival. Al materializar las instalaciones en estas condiciones se logra un ahorro de materiales, de mano de obra y disminución en plazos para la ejecución y puesta en servicio.

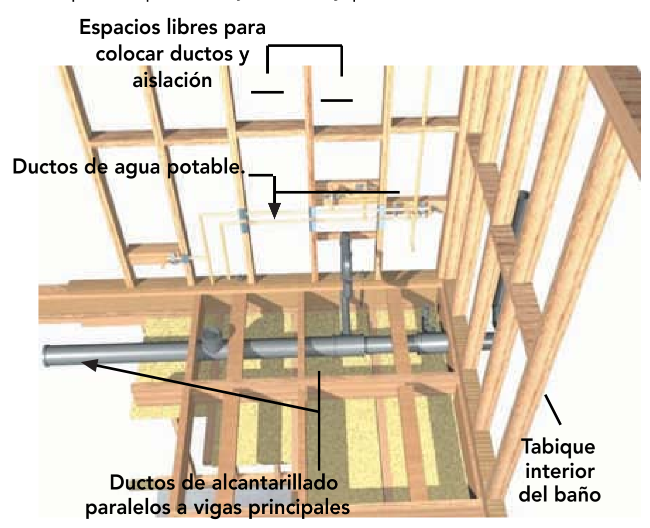


Figura 16-1: Colocación de ductos de alcantarillado y agua potable en los espacios que generan las estructuras de madera.

En el caso de viviendas de mayor valor, se consideran además de las anteriormente nombradas, instalaciones de calefacción, aire acondicionado, telefonía, TV cable, seguridad y renovador de aire, entre otras, las que también pueden ser materializadas al interior de las estructuras.

Para garantizar el correcto funcionamiento en cada una de las instalaciones, éstas deben ser ejecutadas por técnicos calificados que se ciñan estrictamente al plan de gestión de calidad impuesto por el mandante o proyectista.

Para lograr el máximo beneficio del sistema constructivo, es conveniente que el desarrollo y solución de los trazados definitivos de las instalaciones, sean realizados en forma conjunta con los proyectos de arquitectura y estructura, lo que permite considerar aspectos que benefician al proyecto, tanto técnica como económicamente:

- La disposición de los artefactos de baño por arquitectura debe ser proyectada en línea, con el objeto que la o las cañerías de descarga del alcantarillado, se dispongan en forma paralela a las vigas principales o secundarias de la plataforma de piso, entrepiso y pie derecho de tabiques. De lo contrario, habrá que estudiar específicamente el caso.

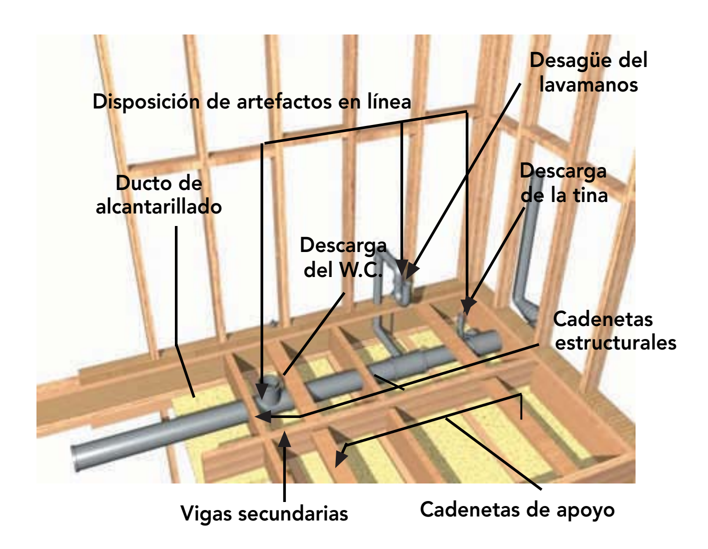


Figura 16-2: En la figura se observan las descargas de artefacto de W.C., lavamano y tina dispuestos en línea. La descarga perfora las cadenetas de la estructura de plataforma. Las vigas y cadenetas del ejemplo son de escuadría 2" x 10".

- En el caso de alcantarillado para dos baños en segundo piso, se deben estudiar la disposición de los artefactos, las líneas de descargas y la forma de evacuar las aguas servidas por una sola cañería registrable al primer piso, directo a cámara.
- En caso de no existir alternativa de solución en los espacios que se disponen en la estructura para las cañerías de alcantarillado, se debe considerar proyectar cielo, viga, o pilar falso.

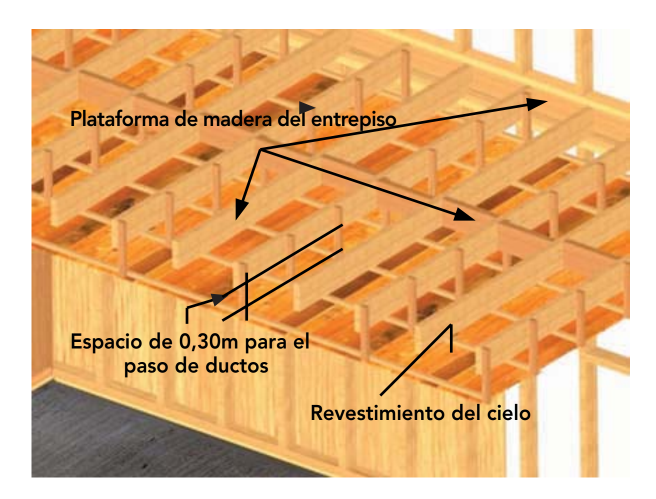


Figura 16-3: Cielo falso para el paso de ductos de alcantarillado.

- Determinar diámetros de perforaciones o calados necesarios en los elementos estructurales como: vigas principales y secundarias, cadenetas, soleras o pie derecho, según criterios estructurales permitidos.

- Identificar el o los elementos de la estructura (vigas, soleras o pie derecho) que requieran ser reforzados debido a perforaciones, cortes, rebajes o para fijación y anclaje de los artefactos sanitarios.

- Diseñar e instalar piezas especiales que deben ser incorporadas a la estructura para instalación de elementos eléctricos y/o artefactos.

- Colocación de pletinas metálicas en pie derecho de tabiques, que requieren ser perforadas en una instalación de ductos eléctricos, como se observa en Figura 16-5. La finalidad de instalar estas pletinas es proteger el ducto de posibles perforaciones que se requieran para instalación de revestimientos u otros.

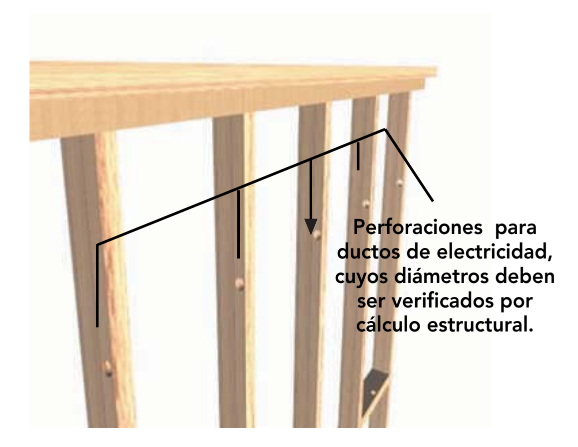


Figura 16 - 4: Ubicación y tamaño de perforaciones según ducto definido por proyecto, considerando las restricciones correspondientes.

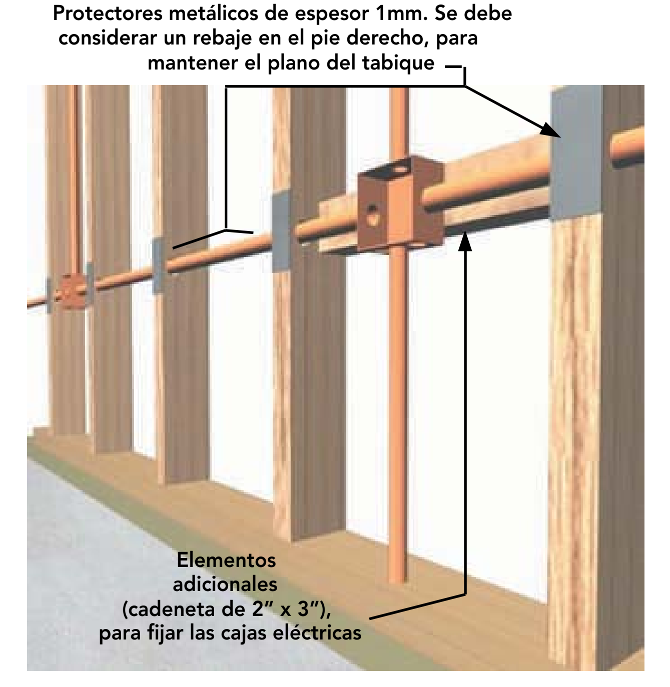


Figura 16 - 5: Consideraciones para la instalación, fijación y protección de ductos y accesorios.

- Programar plazo necesario de la ejecución de cortes, perforaciones y refuerzos en las estructuras. Fundamental para evitar retrasos en la materialización de las instalaciones, como en la ejecución de las partidas precedentes, según programa de obra.

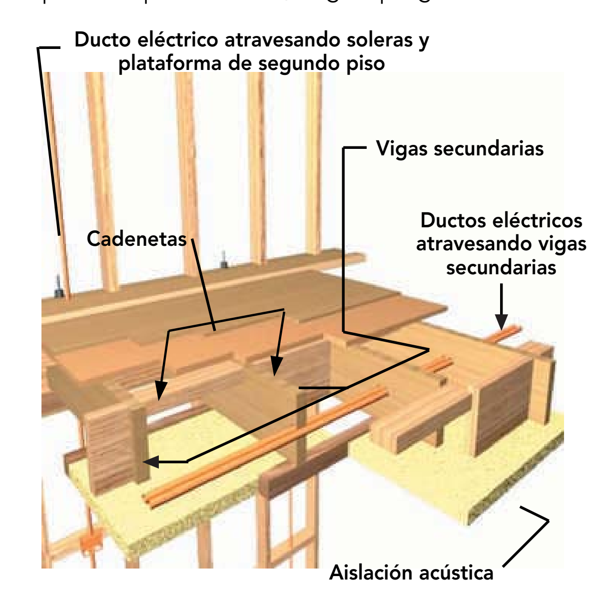


Figura 16-6: Es necesario saber la ubicación de ductos, elementos que deben ser perforados o cortados y planificar la secuencia y momento en que debe ser realizada su colocación.

UNIDAD 16

CONSIDERACIONES EN EL DISEÑO Y EJECUCION DE LAS INSTALACIONES EN UNA VIVIENDA

Como alternativa a las perforaciones en las cadenetas tradicionales y evitar seccionarlas, se pueden utilizar cadenetas dispuestas en cruz de San Andrés, que no requieren ser perforadas para el traspaso de los ductos.

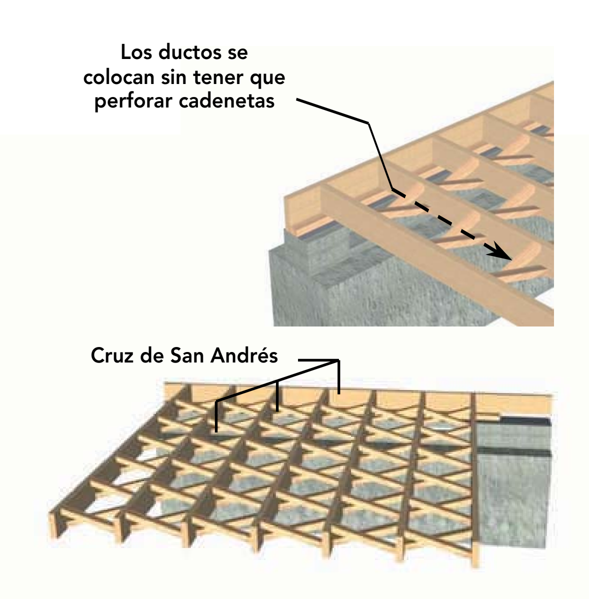


Figura 16-7: La utilización de cruz de San Andrés permite colocar ductos paralelos a vigas secundarias, sin tener que perforar cadenetas.

En el caso en que los ductos no puedan ser dispuestos paralelos a elementos estructurales, se pueden perforar teniendo presente las consideraciones estructurales que se exponen en el punto 16.4. Los ductos de gran diámetro, que no pueden ser dispuestos paralelos a los elementos estructurales, deben colocarse bajo el entramado, en cielo falso, como normalmente se soluciona en la construcción de sistemas tradicionales o utilizar vigas reticuladas.

16.2 CONSIDERACIONES EN LA COLOCACIÓN DE DUCTOS Y ARTEFACTOS

La perforación de elementos en la estructura de la vivienda para el paso de cañerías e instalación de las mismas, junto con protecciones y elementos extras para dar soporte a cajas eléctricas, grifería, y artefactos sanitarios, entre otros, debe ser iniciada inmediatamente luego de la instalación de los tabiques y envigado, pero antes de la colocación de la aislación, revestimientos y tableros arriostrantes en las plataformas.

En el caso de plataforma de hormigón, la colocación de ductos deberá ser antes que se proceda a hormigonar el radier, asegurando que estén bien fijos para evitar su desplazamiento durante la colocación y vibrado del hormigón.

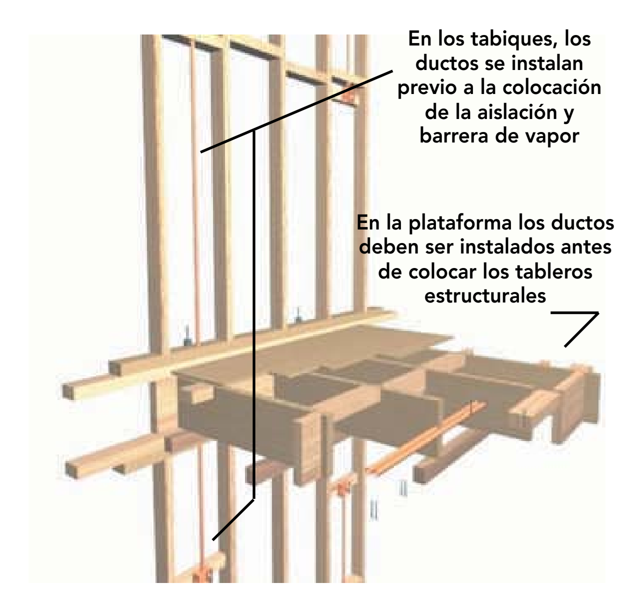


Figura 16-8: Para una fácil y segura colocación de ductos, ésta se debe realizar antes de cerrar los tabiques y plataformas, lo que requiere planificación y programación de la actividad correspondiente.

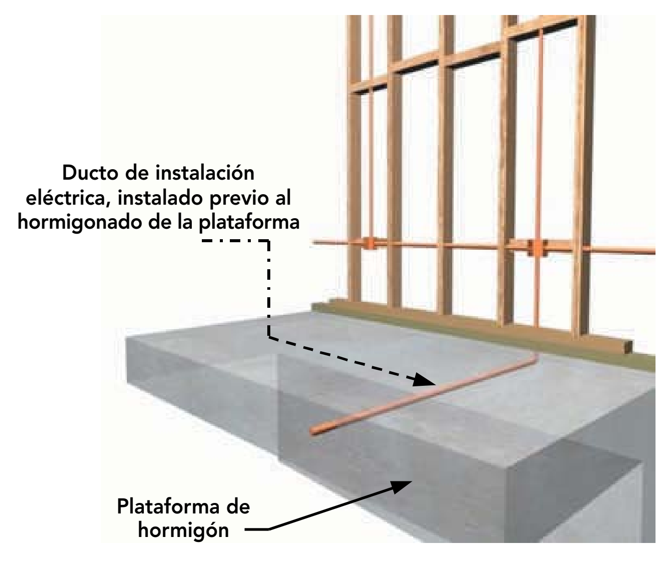


Figura 16-9: *Cuando se proyecta una plataforma de hormigón, previo a hormigonarla, los ductos determinados por los proyectos de instalaciones, deben estar ya instalados y recibidos por la inspección técnica.*

En caso de existir cañerías expuestas al exterior, éstas deberán ser aisladas para evitar su calentamiento en verano y su congelamiento en invierno. Los ductos de alcantarillado deben ser envueltos con lana mineral papel dos caras para evitar propagación de ruidos, producto de descargas y circulación de líquidos y sólidos.

Los refuerzos de madera necesarios para la colocación de la grifería y artefactos sanitarios, deben ser fijados a las estructuras de la vivienda, para luego ubicar en su posición definitiva los artefactos. La tina se coloca antes que el revestimiento de muros, a fin de asegurar y evitar filtraciones a la estructura por mal sellado. La grifería se debe conectar después de haber terminado con el revestimiento interior de los tabiques. Los demás artefactos se instalan después de los revestimientos, pero se debe prever la colocación de los refuerzos necesarios para su fijación.

Refuerzo de cañerías de agua potable y sostén de lavamanos

Refuerzo para soportar y fijar WC.

Apoyo para fijar ducto del desagüe del lavamanos

Figura 16-10: *Ubicación de refuerzos a considerar en el diseño para fijar los ductos de las instalaciones.*

El sellado de contornos de los artefactos es un aspecto que pocas veces es considerado en la instalación, sobre todo en aberturas que se realizan en revestimientos, para dar salida a llaves, enchufes interruptores, y lámparas, entre otros. Si no se tiene cuidado al sellarlos y controlar su ejecución, el aire que proviene del interior en la vivienda, con humedad y una temperatura mayor a la del exterior en invierno, ingresará por los bordes no sellados, pudiendo tener contacto con el paramento que da al exterior, el que al estar a temperatura inferior al aire que ingresó, se condensará, afectando los elementos que forman la estructura de la vivienda y potenciando la existencia de agentes bióticos.

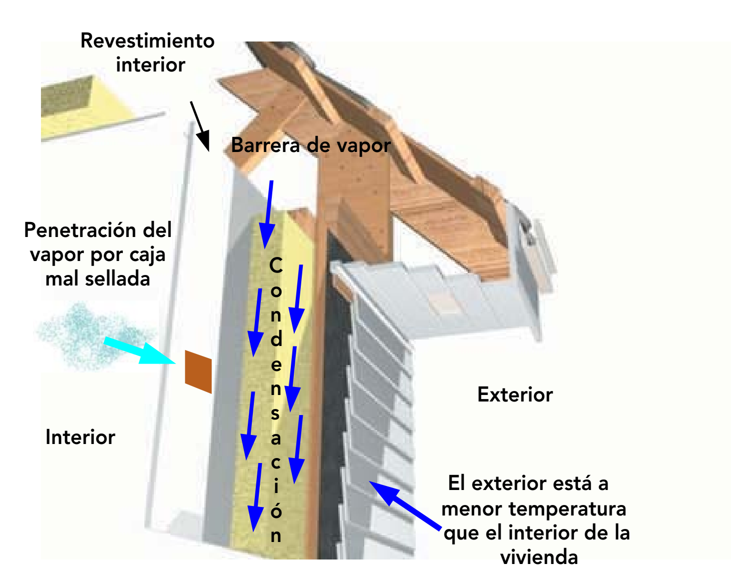


Figura 16-11: *Figura que muestra situación de riesgo de condensación.*

16.3 CIELOS, VIGAS Y PILARES FALSOS

Para cañerías y ductos que no pueden ser colocados, ya sea entre elementos de la plataforma de piso superior o a través de ellos, está la opción de generar un cielo falso, por el cual pueden proyectarse.

En este caso, se debe considerar que la altura de piso a cielo se verá disminuida, por lo que habrá que tomar las consideraciones pertinentes, determinando un cielo más bajo o aumentar la altura de muros. Recordemos que la Ley General de Urbanismo y Construcciones establece que la altura mínima de piso a cielo es de 2,35m.

Para el cielo falso, una opción de materialización es fijar piezas de madera de 2"x 3"cepilladas, secas en cámara, con contenido máximo de humedad de 12% al envigado del entrepiso (**Figura 16-15 (1)**), debiendo quedar perpendiculares a las vigas y, por consiguiente, también al sentido que tendrá este cielo falso. Luego se fijan piezas de 2"x 2" (**Figura 16-15 (2)**) que cumplen con las mismas

características anteriormente señaladas de las piezas de 2" x 3" (2), debiendo quedar paralelas al sentido que tendrá el revestimiento de cielo.

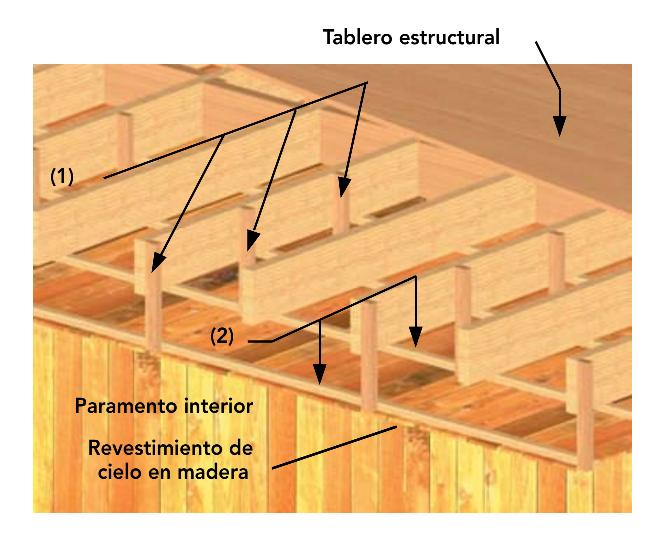


Figura 16-12: Cielo falso en el cual se pueden desarrollar instalaciones sin intervenir estructuralmente los elementos de la plataforma del segundo piso.

Asimismo, se pueden utilizar pilares y vigas falsas para las bajadas de cañerías, las que quedan ocultas en la estructura.

A continuación, se presenta una secuencia para materializar un pilar falso, el que permite realizar descargas del segundo piso al alcantarillado del primer piso.

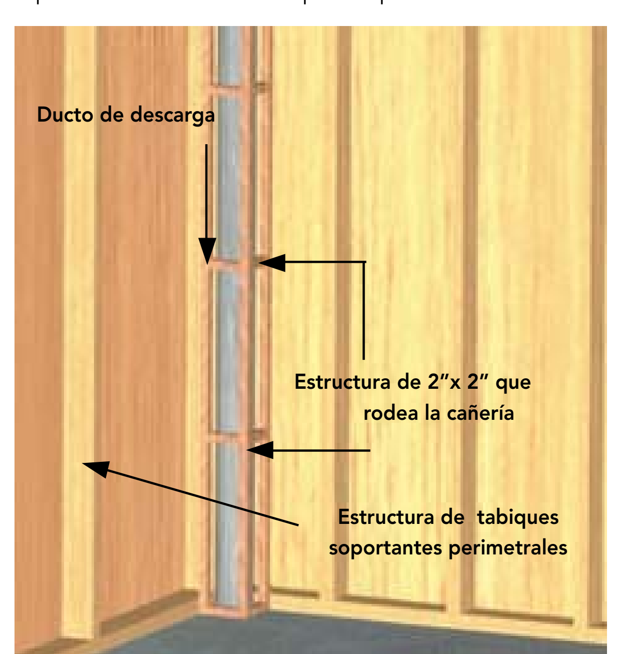


Figura 16-13: En el ejemplo, la cañería baja en una esquina a la cual se adosa una estructura de madera simple de 2" x 2", que será revestida quedando oculta, aparentando un pilar.

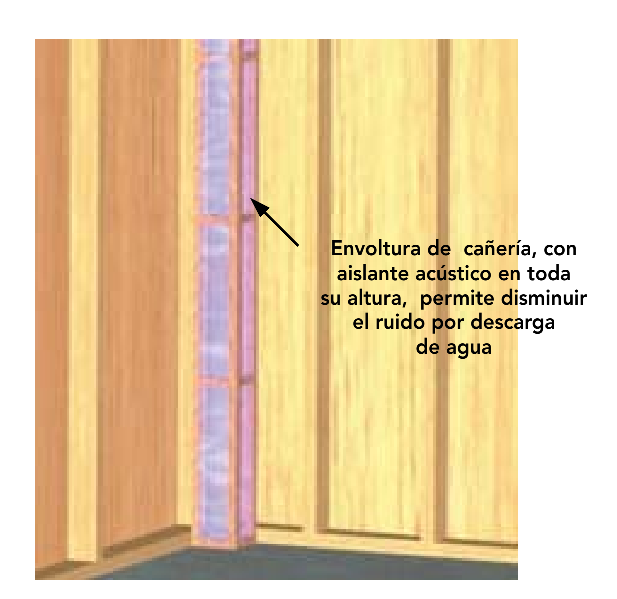


Figura 16-14: Cañería envuelta con lana de vidrio papel una cara.



Figura 16-15: Finalmente, se reviste la estructura de madera con el mismo material de los muros. En este caso se ha especificado plancha de yeso cartón de e = 15 mm.

16.4 CORTES Y PERFORACIONES EN LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Se debe distinguir entre cortes que se realizan a elementos horizontales y a elementos verticales, ya que las consideraciones estructurales varían en función de las cargas a que se ven sometidas (compresión, tracción, flexión), al ser distinto el comportamiento de la madera, según el sentido de la fibra.

16.4.1 Elementos estructurales horizontales

Los cortes y perforaciones en elementos estructurales horizontales para los ductos que no pueden ser dispuestos paralelos al envigado, deben considerar los siguientes aspectos:

- El borde de las vigas sometido a tracción no puede tener ningún tipo de corte o perforación, ya que ante un esfuerzo de flexión, estará debilitado, pudiendo ceder y colapsar.

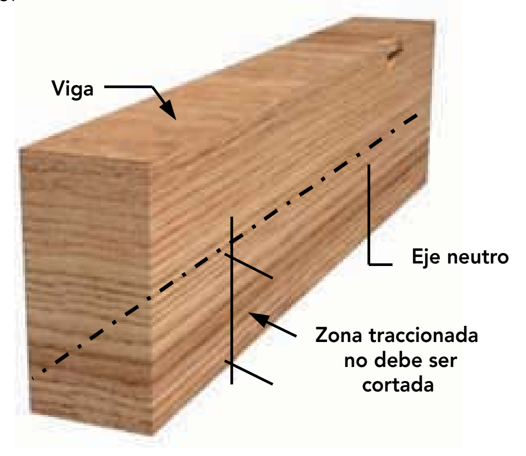


Figura 16-16: Las vigas no deben ser debilitadas con cortes en la zona traccionada.

Los cortes ubicados en el borde superior de la viga:

- No deben estar distanciados del borde apoyado a más de 3 veces el alto de la viga y pueden tener como largo máximo la mitad de la altura de la viga (Figura 16-17 (1)).

- La profundidad del corte no debe superar un quinto de la viga (Figura 16-17 (2)).

- Para cortes ubicados en otras zonas de la viga, se debe considerar el alto de la viga, de forma tal que su altura aumente proporcionalmente a lo que se requiere cortar (Figura 16-17 (3)).

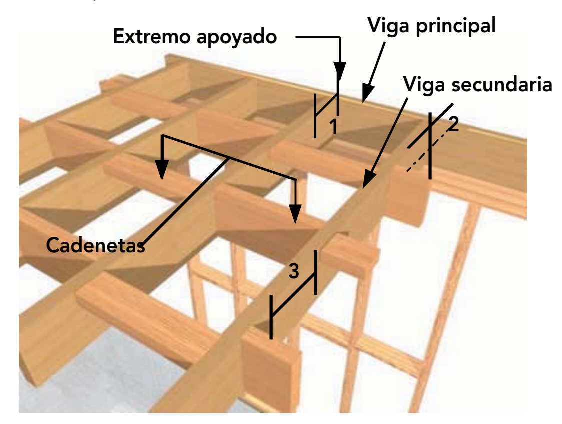


Figura 16 - 17: Condiciones de los cortes que se pueden realizar a elementos horizontales, considerando ubicación y lugar de apoyo.

- Toda perforación puede tener como diámetro máximo 1/5 del alto de la viga o 32 mm (considerar el menor valor) y debe ser realizado en el eje de la viga o sobre éste. Si son varias perforaciones quedarán distanciadas horizontalmente una de otra, como mínimo en una altura de la viga.

- La distancia mínima desde una perforación al borde más cercano de la viga es 50 mm.

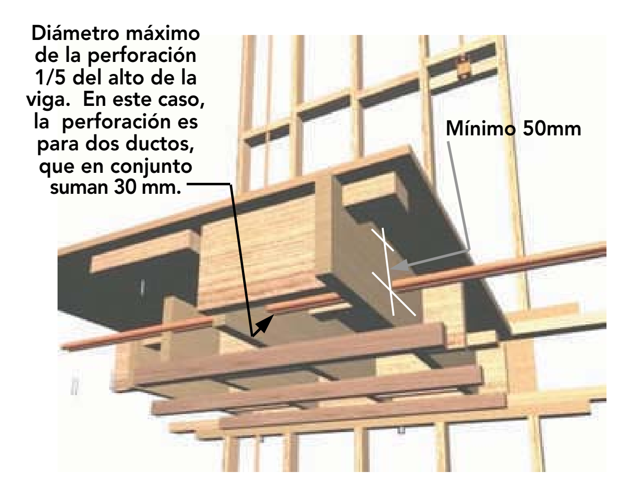


Figura 16-18: Plataforma de entrepiso que tiene perforadas las vigas secundarias.

- La solera superior de tabiques soportantes se debe reforzar con piezas de 2" x 2" en zonas donde la sección remanente de ésta (sección maciza de la pieza que no ha sido alterada luego del corte), sea menor a 50 mm. Si el refuerzo debe ser colocado sobre la superficie de la solera, se recomienda utilizar conectores metálicos.

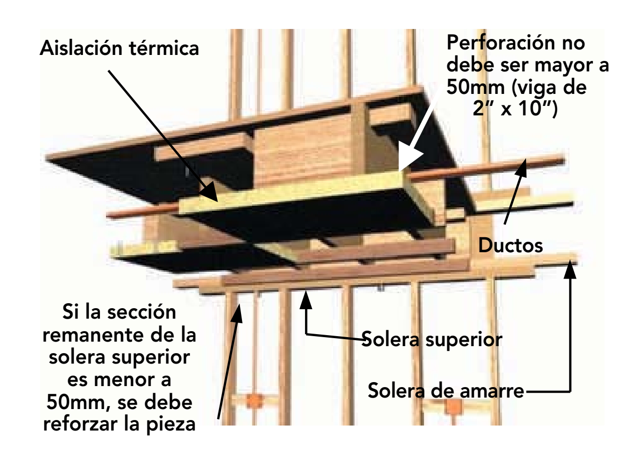


Figura 16 - 19: La perforación en soleras debe efectuarse en el eje central, con un diámetro no mayor de 1/3 del ancho de la pieza.

16.4.2 Elementos estructurales verticales

Los pie derecho de los tabiques soportantes pueden ser perforados o cortados como máximo un 1/3 de su ancho. En caso de requerir una sección mayor, deben ser reforzados con una pieza de madera de 2" de ancho a cada lado del pie derecho, clavada a éste y extendiéndose 30 cm por sobre y bajo el centro de la perforación o corte.

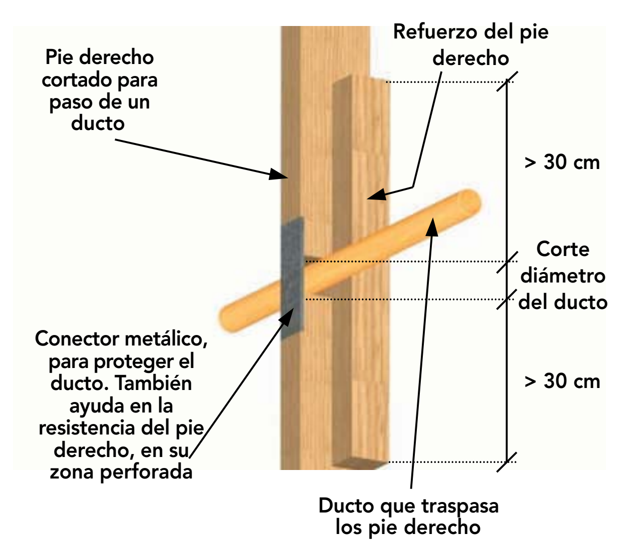


Figura 16 - 20: Refuerzo de pie derecho, al cual se le ha hecho un corte para el paso de ducto eléctrico.

16.5 CORTES Y PERFORACIONES EN LOS ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

Los pie derecho de tabiques autosoportantes, no es necesario reforzarlos si cumplen con tener una sección remanente mínima de 40 mm.

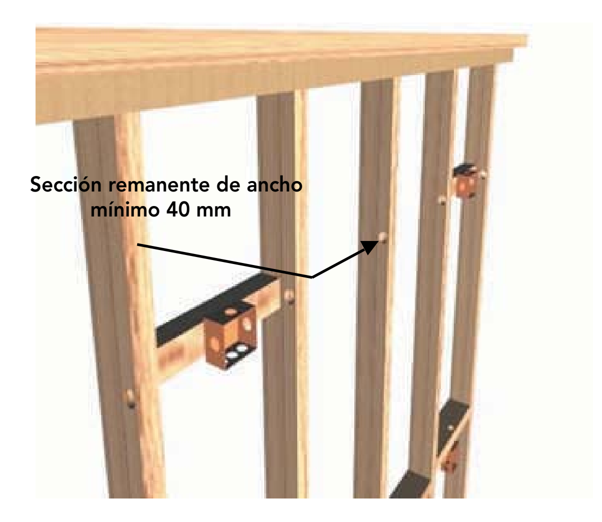


Figura 16 - 21: Consideraciones para cortes o perforaciones en tabique autosoportante.

BIBLIOGRAFIA

- American Plywood Association, "Wood Reference Handbook", Canadian Wood Council, Canadá, 1986.
- Branz, "House Building Guide", Nueva Zelanda, 1998.
- Canada Mortgage and Housing Corporation, CMHC, "Manual de Construcción de Viviendas con Armadura de Madera – Canadá", Canadá, 1998.
- Goring, L.J; Fioc, LCG, "First-Fixing Carpentry Manual", Longman Group Limited, Inglaterra, 1983.
- Lewis, G; Vogt, F, "Carpentry", 3° Edición, Delmar Thomson Learning, Inc., Nueva York, EE.UU., 2001.
- Neufert, E; "Arte de Proyectar en Arquitectura", 14° Edición, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.
- Reader´s Digest, "New Complete do-it yourself Manual", Canadá, 1991.
- RIDAA :Reglamento de instalaciones domiciliarias de agua potable y alcantarillado. Superintendencia de Servicios Sanitarios, SISS.
- Spence, W; "Residencial Framing", Sterling Publishing Company, Inc., Nueva York, EE.UU., 1993.
- Stungo, N; "Arquitectura en Madera", Editorial Naturart S.A Blume, Barcelona, España, 1999.
- Thallon, R; "Graphic Guide to Frame Construction Details for Builder and Designers", The Taunton Press, Canadá, 1991.
- www.inn.cl (Instituto Nacional de Normalización).
- NCh 173 Of.73 Madera –Terminología general.
- Nch 1198Of 1991 Madera – Construcciones en madera – Cálculo.
- NCh 2824Of 2003 Maderas – Pino radiata – Unidades, dimensiones y tolerancias.

Manual La Construcción de Viviendas en Madera

Capítulo IV



Unidad 17

SOLUCION DE CUBIERTA EN MADERA





Unidad 17

UNIDAD 17

SOLUCION DE CUBIERTA EN MADERA

17.1 GENERALIDADES

La vivienda requiere una cubierta que la proteja de la lluvia, viento, sol y nieve, aislando su estructura de la humedad excesiva y evitando el ingreso de ésta al interior de los recintos.



Figura 17-1: La cubierta permite proteger la vivienda, tanto durante su materialización como en su vida útil.

Por lo anterior, una vez materializado el arriostramiento de la estructura de techumbre (tableros contrachapados fenólicos, hebras orientadas o tablas aserradas según Capítulo II, Unidad N°10), antes de iniciar otra partida, se recomienda incorporar una barrera de humedad (fieltro de 15 lbs) e instalar la solución de cubierta especificada por proyecto.

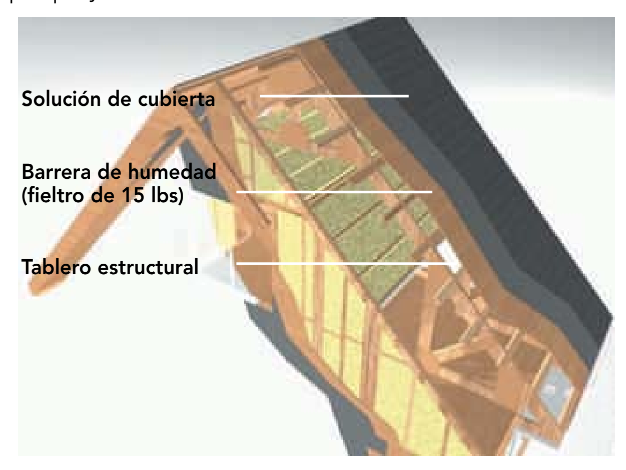


Figura 17-2: Elementos necesarios para proteger la estructura de techumbre de una vivienda.

Además de obtener la protección definitiva ante la presencia de humedad del medio ambiente, lluvia o nieve, la barrera permitirá que se desarrollen las actividades y partidas necesarias para dar término a la construcción de la vivienda, en forma segura y sin afectar la calidad de los materiales.

Para brindar una eficiente protección a un costo razonable, el recubrimiento que se seleccione debe cumplir con:

- Resistir las condiciones climáticas de temperatura (alta y baja) y viento
- Tener grado mínimo de impermeabilidad
- Proteger la vivienda y su contenido de la lluvia y nieve
- Presentar un obstáculo a la propagación del fuego
- Ser material durable

Cuando se especifica la solución del recubrimiento cubierta, es recomendable considerar:

- Permeabilidad del material
- Zona geográfica donde se emplazará la vivienda (promedio en mm de agua caída al año)
- Pendiente proyectada de la techumbre de la vivienda
- Encuentros entre las aguas de la solución de cubierta
- Sistema de drenaje de las aguas (hojalatería)

Los milímetros de agua caídos en una zona y la pendiente tienen relación directa con la velocidad con que se evacúa el agua, evitando que se sature la cubierta y filtre hacia el interior de la vivienda.

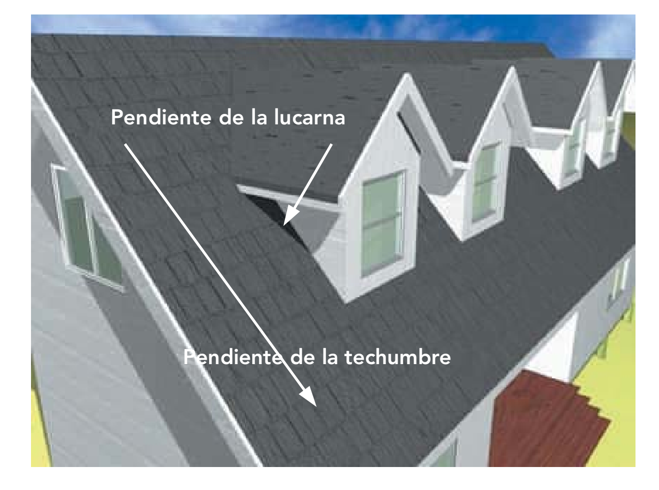


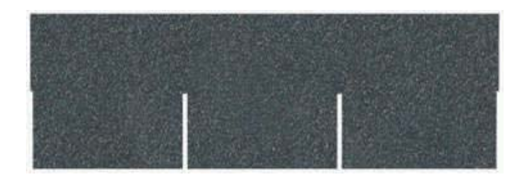
Figura 17-3: La pendiente de techumbre es distinta a la pendiente de las lucarnas.

Por otra parte, a la hora de seleccionar la cubierta, se debe tener presente un aspecto que no está relacionado con lo funcional de ésta, pero no por eso menos importante, que es el grado de terminación que se logra, ya que en el mercado existe una gran variedad de materiales, formas y colores.

Existe una importante diversidad de soluciones para cubiertas, diferenciadas tanto por los formatos en que se comercializan (planchas de distintas dimensiones, unidades pequeñas llamadas tejuelas), como por el tipo de material en que son fabricadas.



Tejuela de madera **Teja de arcilla**



Tejuela asfáltica



Cubierta de fibrocemento



Cubierta ondulada de fierro galvanizado

Figura 17-4: Diferentes materiales para cubiertas.

En este manual se expondrá sólo lo referido a consideraciones en la instalación de cubiertas con tejuelas de madera. Para otras soluciones de cubierta, se recomienda ceñirse a indicaciones y consideraciones indicadas en folletos y al departamento técnico de los fabricantes o representantes.

Las tejuelas más utilizadas son:

17.2 TEJUELA DE MADERA

17.2.1 Introducción

La tejuela de madera es una tabla plana, generalmente rectangular, cuyas medidas son variables dependiendo del fabricante y de la especie que se utilice. Su ancho fluctúa entre 100 a 150 mm (1) , con un largo promedio de 600 mm (2) y espesor entre 8 y 12 mm.

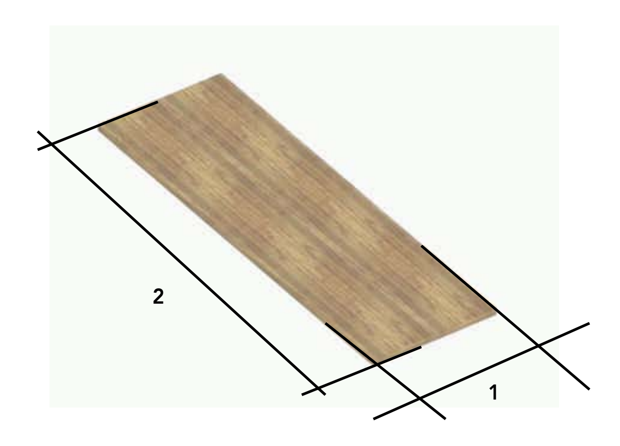


Figura 17-5: Dimensiones de una tejuela de madera.

UNIDAD 17
SOLUCION DE CUBIERTA EN MADERA

En su elaboración se pueden utilizar maderas de Coigüe, Canelo y Alerce, entre otros.

Al igual que los otros elementos de madera que constituyen una vivienda, la tejuela debe ser de madera seca, con un porcentaje de humedad según la zona donde va a ser instalada. De esta forma, se evitan rajaduras y/o alabeos por tensiones internas, debido a su condición de ser material higroscópico.

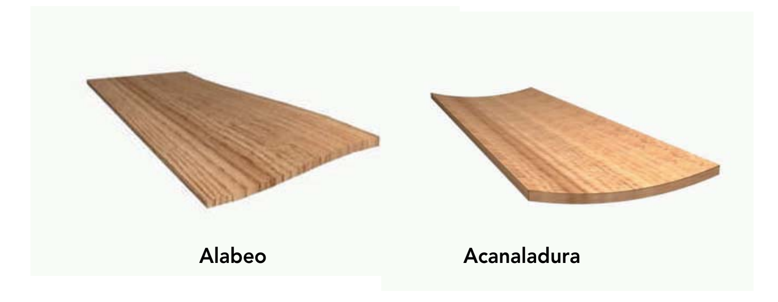


Figura 17 – 6: Deformaciones de la madera producto de variaciones de humedad.

17.2.2 Formas de las tejuelas

La forma de la tejuela tiene que ver sólo con el aspecto decorativo, considerando modelos rectangulares a los cuales se les realiza el corte decorativo en el extremo visible. Este extremo puede tener forma cuadrada, diagonal, cóncava, aguzada y redondeada, entre otras. Una ventaja de que el extremo visible tenga cortes, es que ayuda a evitar el alabeo o torcedura del extremo.

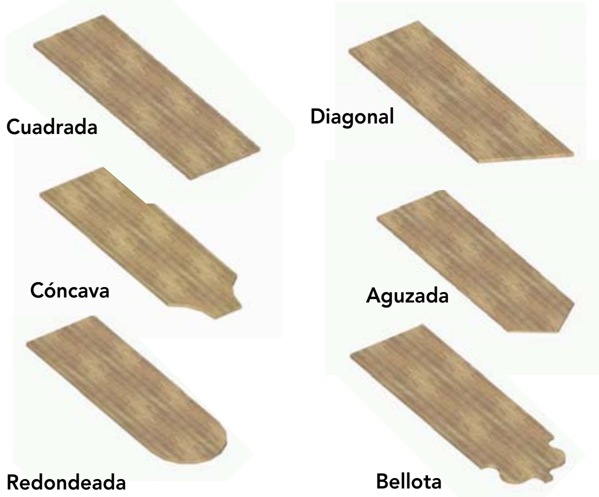


Figura 17-7: Algunas formas que pueden tener las tejuelas.

17.2.3 Elaboración de la tejuela

Existen tres métodos para la elaboración de tejuelas de madera:

- Artesanal
- Aserrado
- Industrial

Los sistemas más utilizados en nuestro país son el artesanal y aserrado.

- **Artesanal:** proceso manual que raja la madera en el sentido de su fibra mediante un hacha, obteniendo, luego una tejuela de superficie irregular. Esta irregularidad facilita el escurrimiento de las aguas.

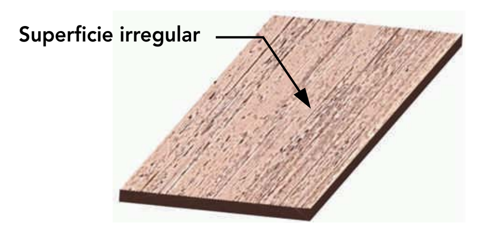


Figura 17 - 8 : Tejuela artesanal.

- **Aserrada:** a partir de una tabla que tiene el largo deseado, se procede a cortarla con sierra, obteniéndose una tejuela con caras lisas, por lo que se recomienda rasguñar la cara expuesta para mejorar el escurrimiento de las aguas. Una particularidad de este sistema es que se puede obtener tejuelas de sección longitudinal constante (rectas) o de perfil cónico (ahusadas), permitiendo un mejor contacto entre ellas.



Figura 17 - 9: Tejuela aserrada.

- **Industrial:** El sistema requiere tecnología más avanzada, con máquinas especializadas que realizan los cortes que se desean para las tejuelas.



Figura 17 – 10: *Tejuela con cortes superficiales.*

17.2.4 Preservación y protección de la tejuela

Como la tejuela está expuesta al medio ambiente, es necesario protegerla con preservantes contra la formación de hongos, ataque de insectos u otros organismos, de tal forma que se prolongue su vida útil. Esta protección debe aplicarse independiente de la especie maderera que se esté utilizando, ya que se tiende a pensar que tejuelas provenientes de maderas de alta densidad no requieren tratamiento.

Los productos utilizados como preservantes pueden ser creosotados, solubles en líquidos orgánicos o hidrosolubles, los que pueden ser aplicados mediante el método de inmersión, caliente-frío o vacío-presión.



Figura 17- 11: *Máquina de vacío presión para impregnar la madera.*

Cabe señalar que la eficacia de la protección va en directa relación con el grado de penetración y retención del preservante en la madera, sea éste químico, tóxico o repelente a los agentes biológicos.



Figura 17 – 12: *Izquierda, madera tratada superficialmente; derecha, madera tratada en autoclave.*

17.2.5 Instalación de cubierta con tejuela

17.2.5.1 Consideraciones generales

Previo al inicio de la colocación de tejuelas, se debe realizar un control geométrico de los planos que forman las aguas, de manera que si existen errores en ambos sentidos, en un rango de entre 20 mm a 50 mm, se distribuyan sin que afecten la estética de la vivienda.

Con la base controlada geométricamente, se está en condiciones de iniciar la colocación de tejuelas.

En toda instalación de techumbre, se debe considerar la colocación de tejuelas en sentido contrario a la dirección del viento, particularmente en el caso de la cumbrera, de tal forma que éste no ingrese a la vivienda.

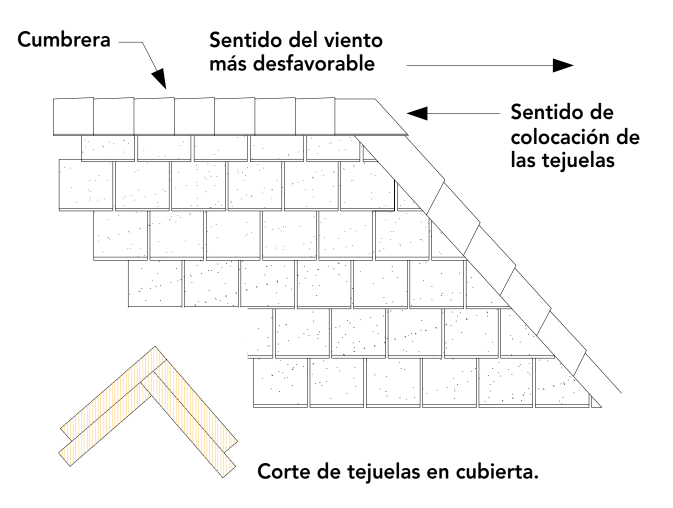


Figura 17 - 13: *Los elementos que conformarán la cubierta deben ser instalados siguiendo el sentido contrario al que tiene el viento predominante de la zona.*

Al utilizar como recubrimiento la tejuela de madera, la techumbre debe tener una pendiente mínima de 25% a 33% para evacuar las aguas sin que se produzcan infiltraciones, y en caso de nieve, para que ésta no se acumule en grandes cantidades. Se debe considerar que la pendiente, una vez colocada la tejuela, es menor a la que entrega la estructura de techumbre, debido al espesor de la tejuela.

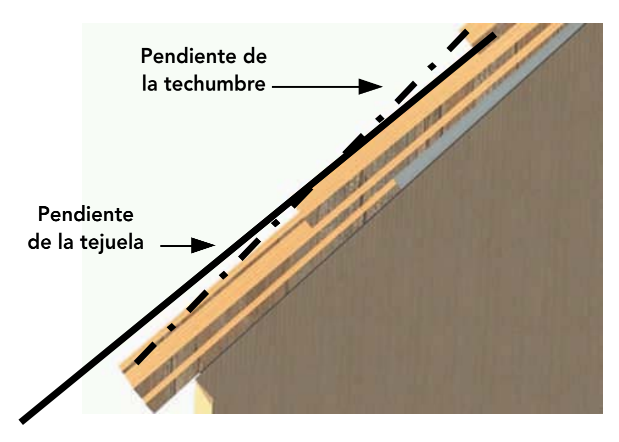


Figura 17 – 14: La techumbre pierde pendiente luego de colocar la tejuela.

Elegir este revestimiento exige la colocación de una barrera de humedad alquitranada (fieltro de 15 lbs.), además del que debe ir entre las corridas de tejuelas, sobre la zona del alero y 300 mm pasados la proyección interior del pa-ramento perimetral, traslapados mínimo 10 cm y cuidando de que quede bien adherido a la base de la techumbre. Esta consideración pasa a ser muy relevante si se está en una zona donde nieva, ya que puede ocurrir que se infiltre agua derivada del derretimiento de ésta, dado que la nie-ve se acumula en los aleros.

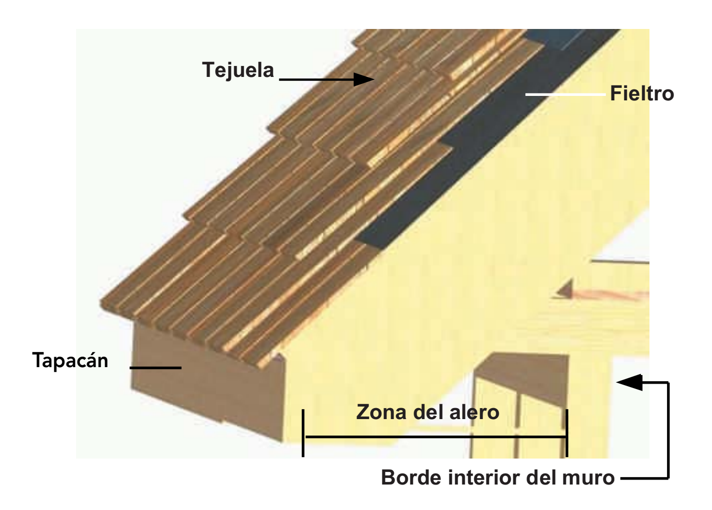


Figura 17-15: Fieltro debe cubrir al inicio de la techumbre el alero y al menos 300 mm pasados el borde interior del muro perimetral.

Entre filas de tejuelas se debe considerar la colocación de una lámina de fieltro para asegurar que no haya ingreso de humedad, como se muestra en la figura.

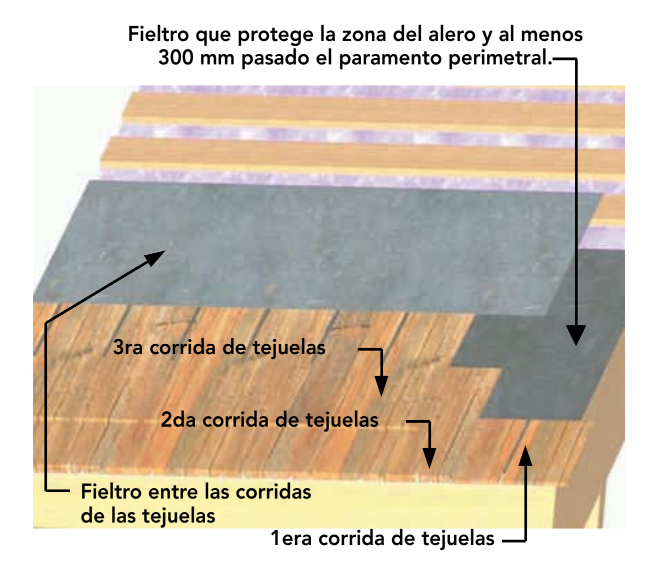
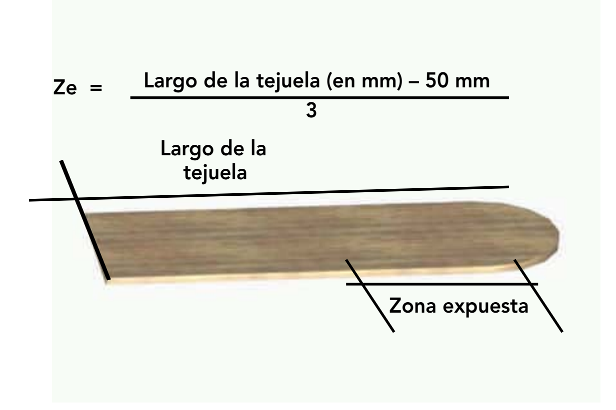


Figura 17-16: Disposición del fieltro en la zona inicial y entre co-rridas de tejuelas.

La tejuela tiene una parte expuesta (recibe la acción del medio ambiente en forma directa), área que se llamará "zona expuesta", y que tiene relación con el largo de la tejuela, la ubicación de la base (en caso de estar instalada sobre costaneras), y de las fijaciones. Esta "zona expuesta" se puede determinar con la siguiente fórmula:



17.2.5.2 Base para la colocación de la tejuela

Como se observó al inicio de esta unidad, la base debe estar preparada para recibir el recubrimiento. Esta base coincide con ser el arriostramiento de la techumbre, que puede ser:

- **Tablero estructural**
- **Costanera**
- **Entablado machiembrado**

17.2.5.2.1 Base de tablero estructural
El sistema de construcción con tableros estructurales (tableros contrachapados fenólicos o de hebras orientadas), descrito en el Capítulo II, Unidad 6, se recomienda en zonas sísmicas o donde la techumbre se ve sometida a grandes esfuerzos, producto de cargas de viento y/o nieve.

Tableros estructurales contrachapados que arriostran la techumbre y reciben la barrera de humedad

Muros con tableros de hebras orientadas

Figura 17-17 A: Vivienda con tableros contrachapados fenólicos en la techumbre y de hebras orientadas en muros.

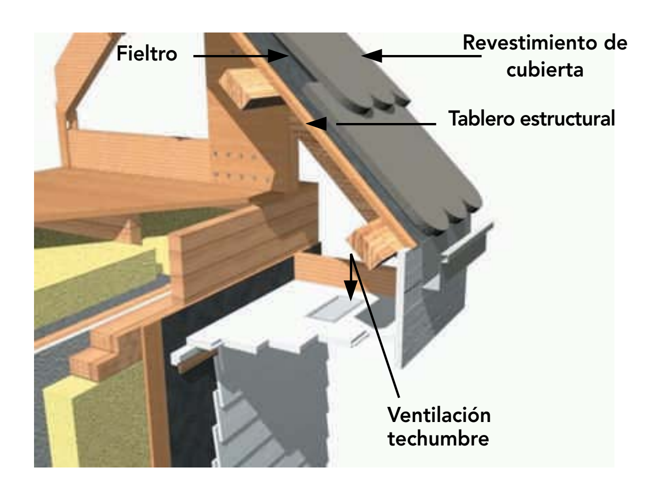


Figura 17-17 B: Sobre el tablero estructural se instala la barrera de humedad (fieltro) y sobre éste la solución de revestimiento.

17.2.5.2.2 Base costaneras
El utilizar costaneras implica fijar piezas de madera, generalmente de 2" x 4" a la estructura de techumbre, sobre las cuales se clavarán las tejuelas. Esta solución requiere, donde irá la barrera de humedad descrita en el punto 17.2.5.1, colocar a tope las tejuelas desde el borde del alero, entre al menos 300 mm y 600 mm, pasado el lado interior del tabique perimetral. Esta distancia está supeditada a que la extensión de costaneras a tope debe ser igual a un múltiplo de Ze (medida siguiendo la pendiente de la techumbre).

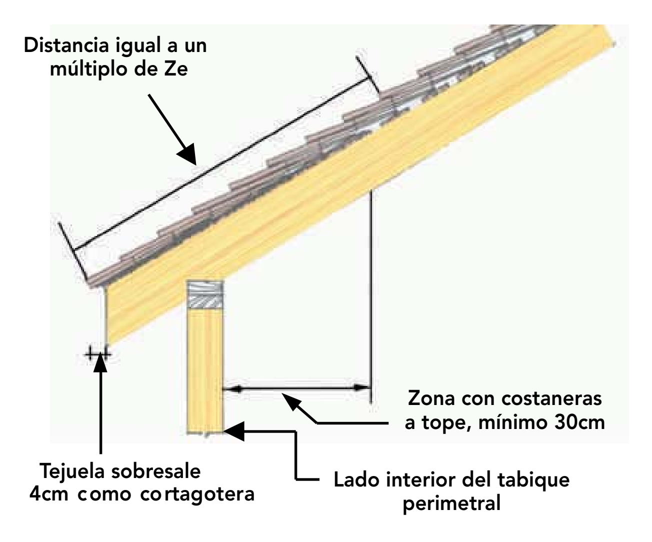


Figura 17-18: Corte que muestra las zonas y distancias mínimas de la techumbre a proteger de la humedad.

A modo de ejemplo, si por diseño se establece que:

- Se utilizará una tejuela de largo 600 mm
- El alero tendrá una proyección de 400 mm
- La pendiente de la techumbre será de 30%

y, considerando las restricciones de mínimo 300 mm pasado el lado interior del tabique perimetral, se tiene que:

La zona expuesta de la tejuela será:

$$(600 - 50) / 3 = 183 \text{ mm}$$

El ancho de la zona con costaneras a tope se obtiene aplicando Pitágoras ($\sqrt{240^2+800^2}$)= 835,3)

$$835,3 / 183 = 4,56 \text{ veces} \quad n = 5$$
$$5 (n) \times 183 (Ze) = 915 \text{ mm}$$

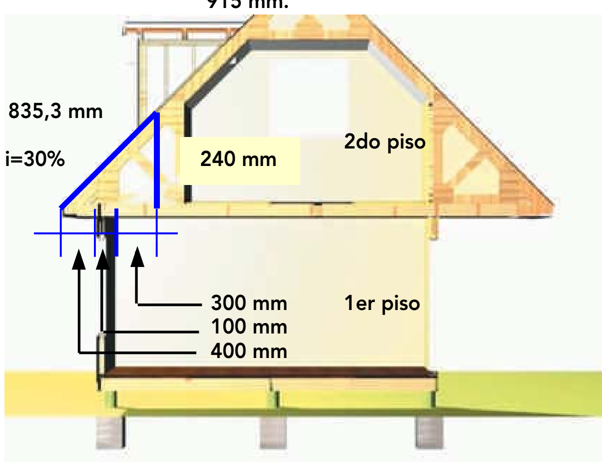


Figura 17-19: Corte que muestra la zona a calcular para determinar dónde van las costaneras a tope.

Para determinar la ubicación de la primera costanera que no va a tope, se mide una distancia desde el borde de la techumbre igual a n x Ze + 2", es decir:

5 x 183 + 2" = 965,8 mm.

En ese punto debe ir el centro de la costanera de 2" x 4" (utilizada en este ejemplo), de tal forma que el extremo de la tejuela que deba fijarse en esta costanera quedará 10 mm pasado del centro, lo que deja una superficie suficiente para su fijación.

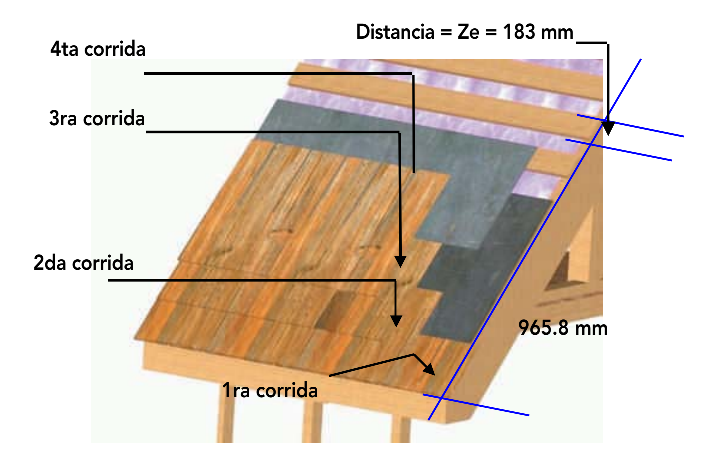


Figura 17-20 A: Ubicación de la primera costanera que no va a tope.

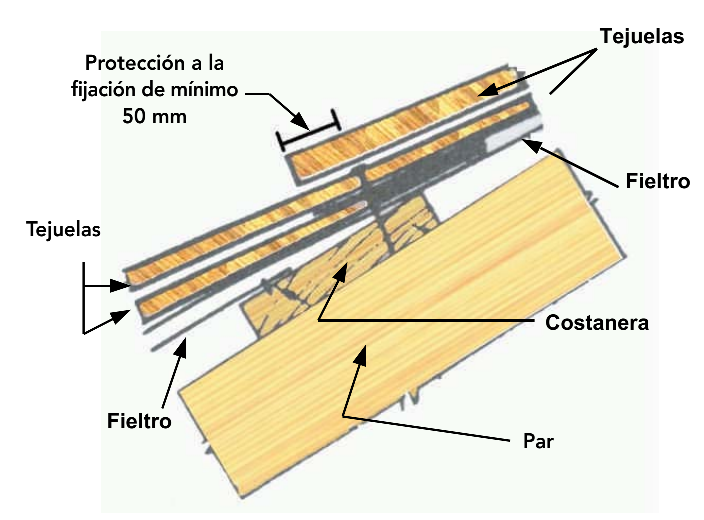


Figura 17 - 20 B: Detalle de fijación de tejuelas.

Luego, se colocan costaneras separadas entre sí a una distanciada igual a Ze, la que no debe superar los 250 mm.

17.2.5.3 Fijaciones para colocación de tejuelas

Las fijaciones a utilizar son clavos de cabeza plana o grapas, protegidas contra la corrosión (galvanizado, acero inoxidable o cobre), de largo suficiente, considerando la superposición que se produce en la colocación de las tejuelas.

Cada tejuela lleva sólo dos fijaciones las cuales deben quedar sin rehundir en la tejuela y ubicadas según criterio:

- Desde el borde visible de una tejuela hasta el centro del clavo debe haber una distancia igual a Ze + 50 mm, considerando la distancia tope a cualquier borde de 15 mm.
- Debe quedar cubierta lateralmente al menos 10 mm.

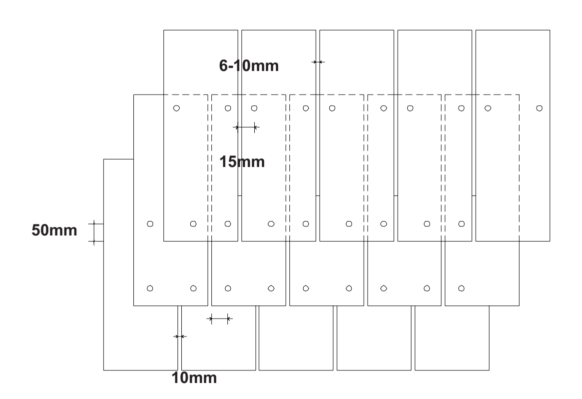
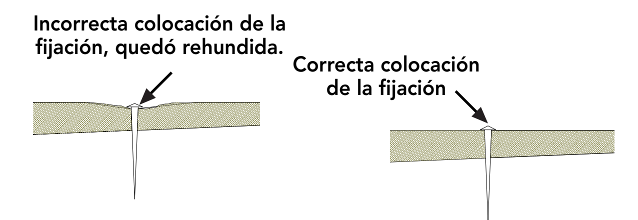


Figura 17- 21A: Ubicación de fijaciones y distancia entre tejuelas.



17-21 B: Colocación de fijaciones en cubierta de madera.

17.2.5.4 Secuencia de instalación de las tejuelas

Para la instalación de las tejas de madera, se debe tener presente:

Las tejas a utilizar son todas del mismo tamaño, salvo:

- Las de la primera corrida para mantener la pendiente de la techumbre. Estas deben ser de un largo igual a 1/3 del largo de una tejuela normal, más 50 mm.



Figura 17 - 22: Para la colocación de la primera corrida de tejuelas se recomienda marcar el fieltro para que ésta quede alineada.

- Las de la segunda corrida, que deben ser de un largo igual a 2/3 del largo normal de la teja, más 50 mm.

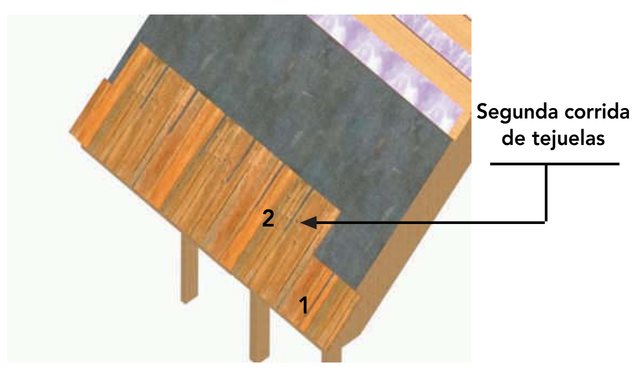


Figura 17-23: La segunda corrida no deja zona expuesta de la primera.

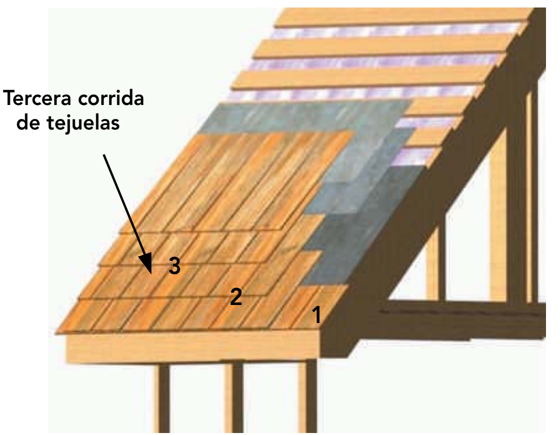


Figura 17-24: Tercera corrida debe dejar zona expuesta de la segunda corrida de tejuelas.

- Las de la última corrida, en función de la distancia que existe entre la penúltima hilada y la cumbrera.

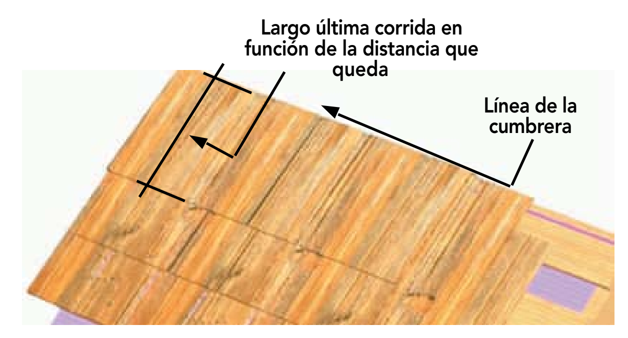


Figura 17-25: Vista de las tejuelas al llegar a la cumbrera.

- Tanto en el borde del alero, como en los costados de la techumbre, las tejas deben sobresalir al menos 40 mm como corta gotera, para evitar que el agua se devuelva hacia la techumbre e ingrese a la vivienda.

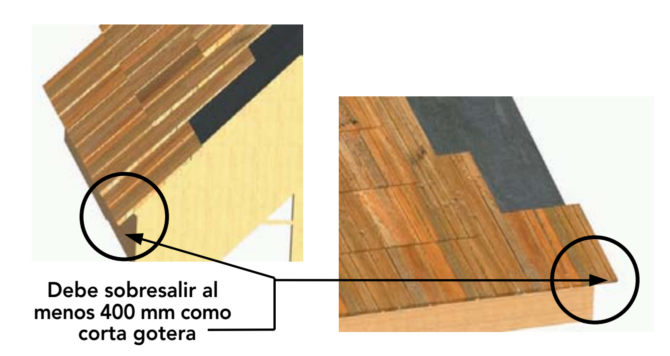


Figura 17-26: Cortagotera dejada por las tejuelas.

- En la colocación de cada corrida de tejuelas, se debe prever un distanciamiento de 6 mm por el posible aumento de volumen, debido a la humedad del medio.

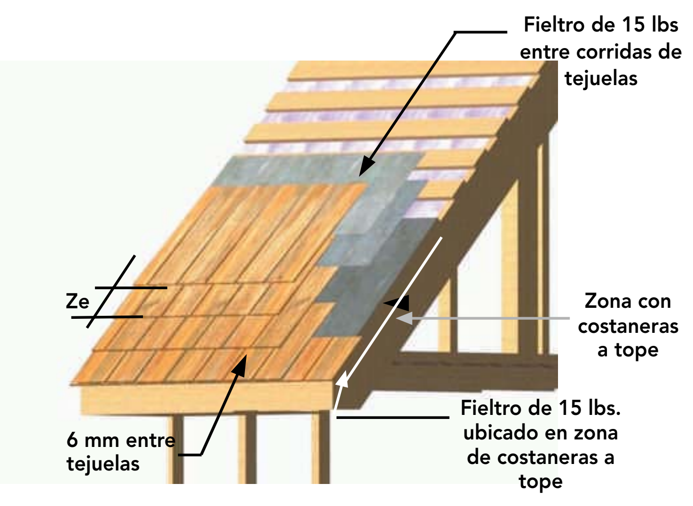


Figura 17-27: A partir de la tercera corrida de tejuelas se debe considerar la colocación de barreras de humedad entre ellas.

- Las juntas de una corrida deben estar desplazadas en 40 mm con respecto a las juntas de la corrida inferior. En ningún caso podrán estar alineadas ni con las juntas de corridas anteriores, ni con las siguientes, ni estar en línea con el centro de la tejuela inferior o con algún defecto que ésta pudiese tener.

  Para ello, se debe colocar sobre la base una regla de corte como línea guía para la colocación de la primera corrida de las tejas, considerando que deben sobresalir del borde 40 mm y distanciarse 6 mm unas de otras.

La segunda corrida debe quedar sobre la primera, de tal forma que los bordes visibles coincidan y el encuentro de las tejuelas de la primera corrida quede cubierto.

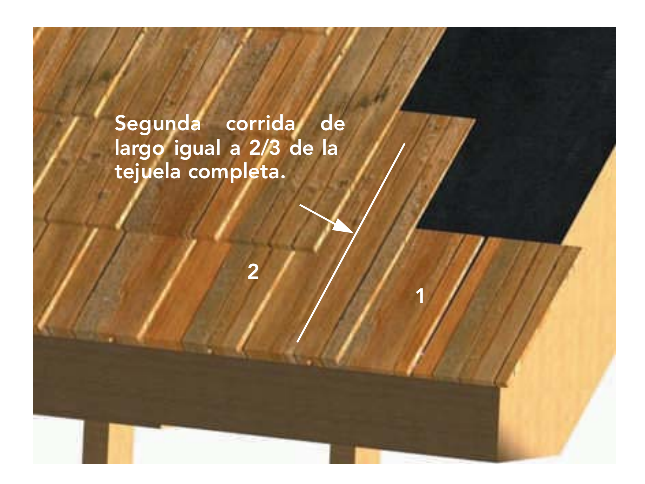


Figura 17-28: Como una forma de proteger el borde del alero, se debe colocar la segunda corrida a plomo con la primera, pero con tejuelas 1/3 más largas.

Algunos proyectos pueden considerar necesario, el colocar la tercera corrida de tejuelas de largo normal, con las mismas indicaciones que se dieron para la colocación de la segunda corrida para proteger aún más la zona del alero de posibles infiltraciones de humedad.

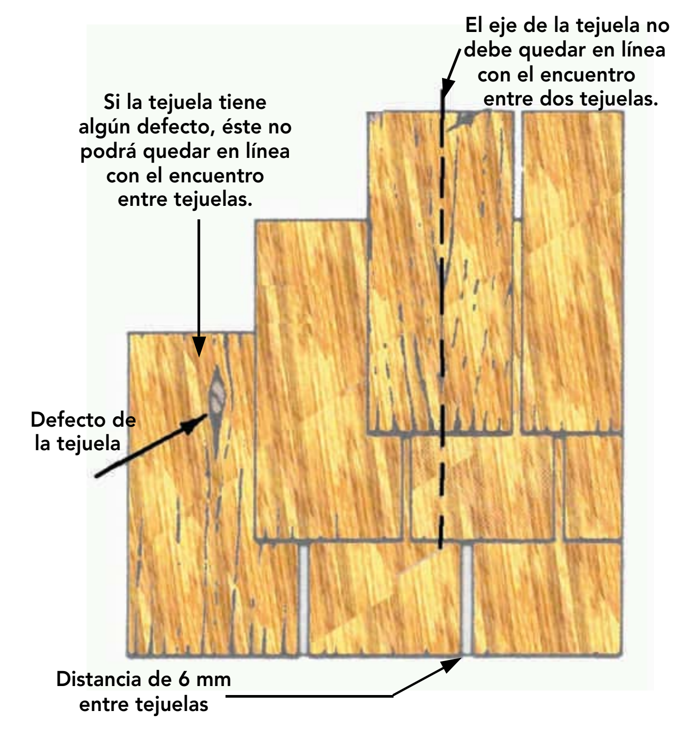


Figura 17-29: Restricciones de las tejuelas en su colocación.

Las siguientes corridas deben ser colocadas considerando las indicaciones dadas al inicio de este punto, controlando que queden alineadas en forma uniforme e intercalando un fieltro de 15 lbs, entre corridas.

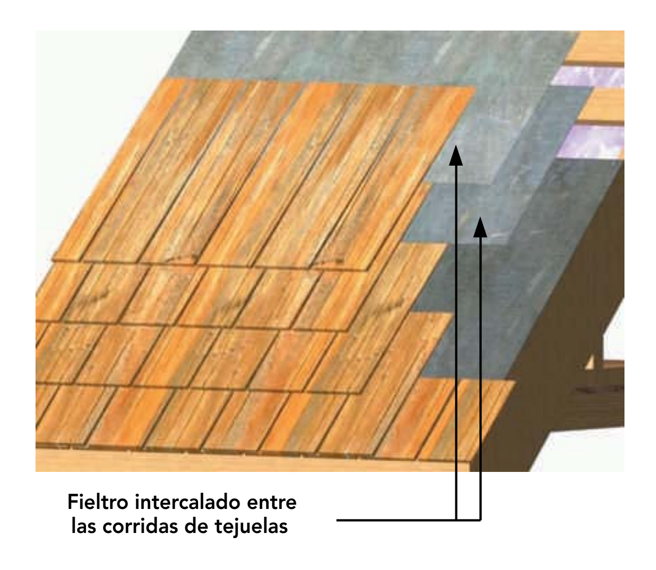


Figura 17-30: A partir de la tercera corrida se debe colocar la barrera de humedad entre ellas.

Al iniciar la colocación de las tejuelas sobre costaneras, separadas una distancia igual a Ze a eje, se deben considerar 10 mm pasados el medio de la costanera, de tal forma de dar espacio para la colocación del clavo como se dijo anteriormente.

17.2.5.5 Solución de cumbrera, limahoya y lima tesa con tejuela de madera

17.2.5.5.1 Cumbrera

Con respecto a la última corrida de tejuelas, se puede utilizar el criterio de dejar a la vista una corrida con la zona expuesta. Las siguientes se deben prolongar hasta que se encuentren sobre la arista independiente de la zona expuesta, ya que quedarán cubiertas por una pieza de fierro galvanizado de espesor de 0,5 mm, conformado por dos alas en ángulo que siguen la pendiente de la techumbre, la que llamaremos protector metálico de la cumbrera.

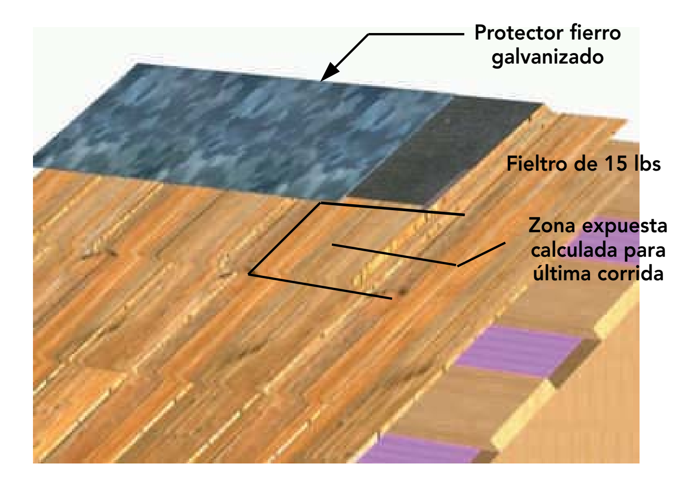


Figura 17-31: Considerar que quede una zona expuesta al colocar el protector de fierro galvanizado.

Sobre la arista se fija un fieltro asfáltico de 15 lbs., proyectado en igual largo al de las alas del protector metálico de cumbreras. Este protector se sujeta mediante ganchos colocados cada 30 cm, los que van clavados a la techumbre.

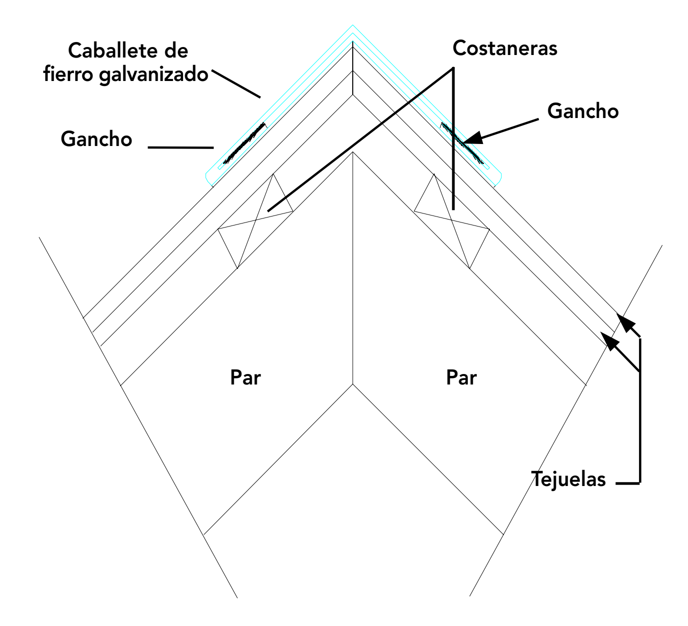


Figura 17-32: Corte de la cumbrera donde se ve la fijación del protector de fierro galvanizado.

Para obtener una terminación uniforme, se cubre el forro metálico con tejuelas, las que deben tener un ancho mínimo de 120 mm y se superponen en forma alternada.

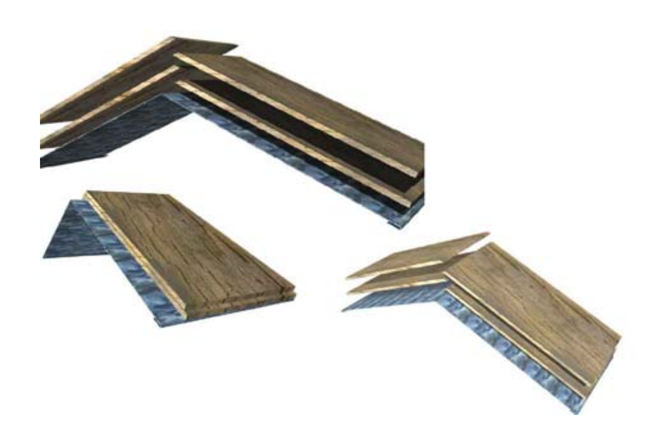


Figura 17-33 : Secuencia en la colocación de los elementos que conforman la cumbrera.

17.2.5.5.2 Lima tesa y limahoyas

El encuentro convexo entre dos aguas, llamado lima tesa, deberá ser protegido con una corrida doble de tejuelas, colocadas en forma superpuesta y traslapadas en ambos sentidos, considerando dejar los bordes biselados alternadamente, entre los cuales va un protector metálico.

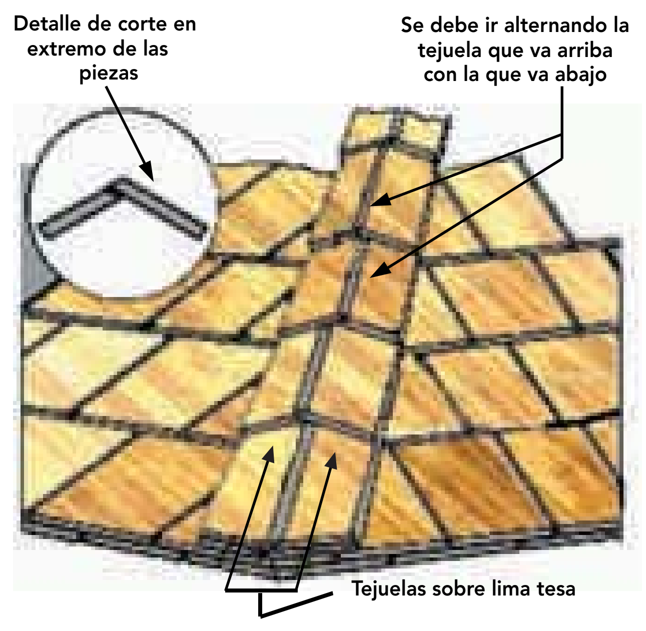


Figura 17-34 : Protección del encuentro de lima tesa con tejuelas de madera.

Para los encuentros en limahoya que resultan ser un punto de infiltración, se colocan piezas (en el caso de utilizar costaneras) de espesor menor a éstas, sobre las cuales se coloca un fieltro asfaltado de 15 libras reforzando este sector donde se dispondrá un protector metálico (limahoya) de ancho de 340mm mínimo (fierro galvanizado e=0,5mm) cóncavo con alas de 40 mm que se fijan con ganchos colocados cada 300 mm, sobrepasando las tejuelas en 40 mm mínimo, a los listones (costaneras) de borde y doblando 100 mm bajo las tejuelas con remate redoblado, **Figura 17- 35 A**.

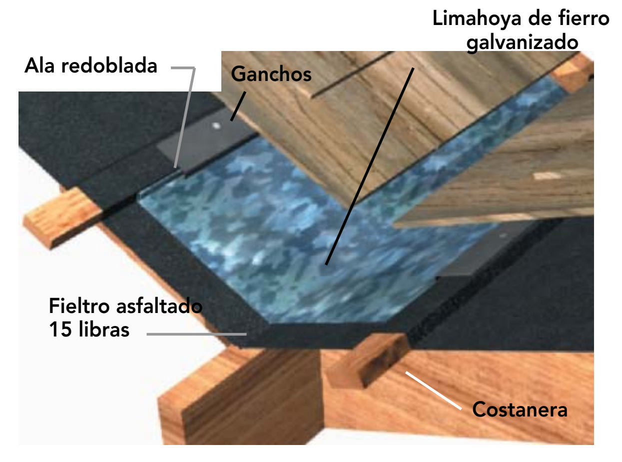


Figura 17- 35A : Solución de limahoya, para cubierta de tejuela sobre costaneras.

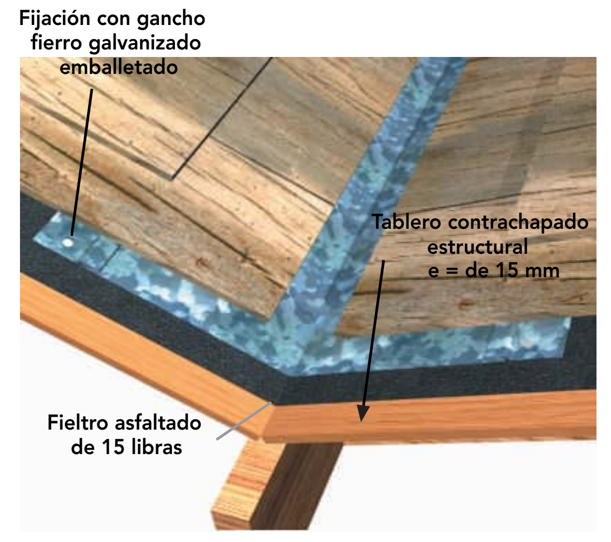


Figura 17- 35B: Solución de limahoya, para cubierta de tejuela sobre tablero estructural.

Para el caso de placas estructurales, el protector metálico se apoya sobre la base con el borde doblado hacia atrás, para evitar el escurrimiento de las aguas y permitir la sujeción con ganchos.

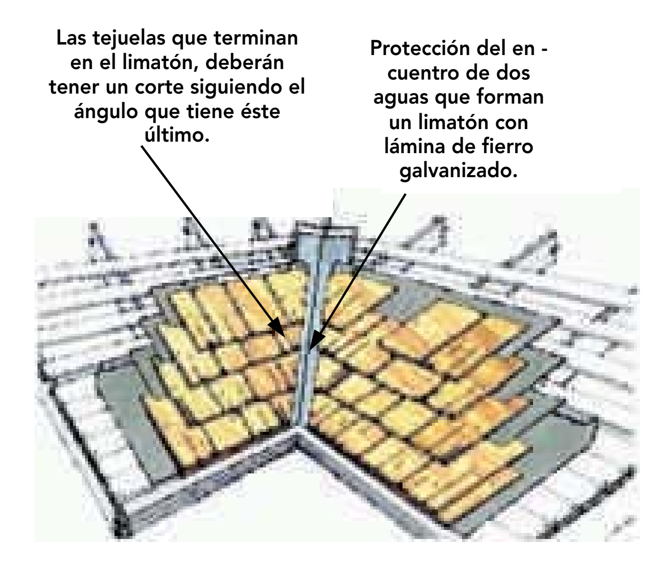
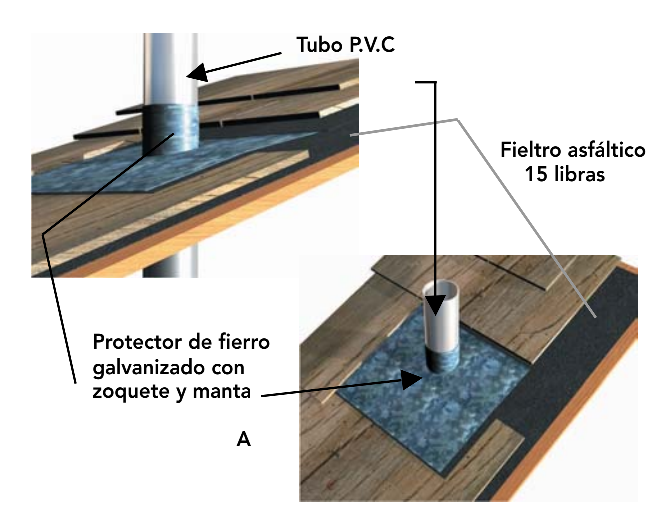


Figura 17 - 36: Solución del encuentro en limahoya.

Para encuentros de un agua con una lucarna, ventilación y chimenea, entre otros, se debe colocar protectores tipo escama o canaleta continua.

En estas situaciones, lo crítico está dado por el sello entre el paramento vertical y el forro.



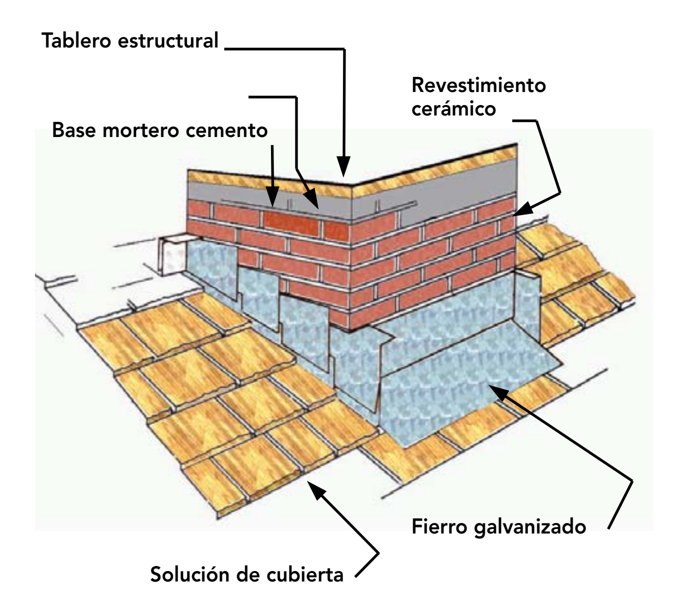


Figura 17-37 : Solución de encuentro para salida de ductos de ventilación de P.V.C. (A) y chimenea (B) con la cubierta.

17.2.6 Mantención de la tejuela como recubrimiento de techumbre

La mantención de la cubierta con tejuelas de madera involucra dos aspectos:

- El primero, mantener limpia la cubierta (tanto la superficie, como juntas de tejuelas), para lo cual se debe utilizar una escoba semidura, para eliminar toda suciedad que ayuda a mantener la humedad en el lugar. Se debe humedecer la techumbre antes de subir para que las tejas no se tornen tan quebradizas.

- El segundo aspecto está relacionado con el tratamiento de preservante que se debe aplicar a las tejuelas. Si alguna de ellas ha perdido esta protección, debe ser nuevamente tratada con el mismo producto inicial, aplicado con brocha o rociador. En caso que se hubiese colocado la tejuela sin protección, existen en el mercado aceites protectores impermeabilizantes con efecto fungicida que se pueden aplicar, los que deben ser repasados según lo indicado por el fabricante. En caso de tejuelas dañadas, éstas deben ser reemplazadas. De no ser posible, aplicar algún producto a base de caucho sintético, que debe asegurar una buena adherencia entre la madera y el tratamiento de preservación.

BIBLIOGRAFIA

- American Plywood Association, "Wood Reference Handbook", Canadian Wood Council, Canadá, 1986.

- Branz, "House Building Guide", Nueva Zelanda, 1998.

- Canadá Mortgage and Housing Corporation, CMHC, "Manual de Construcción de Viviendas con Armadura de Madera – Canadá", Publicado por CMHC, Canadá, 1998.

- Canadá Mortgage and Housing Corporation, CMHC, "Woodframe Envelopes in the Coastal Climate of British Columbia", Publicado por CMHC, Canadá, 2001.

- Goring, L.J; Fioc, LCG, "First-Fixing Carpentry Manual", Longman Group Limited, Inglaterra, 1983.

- Guzmán, E; "Curso Elemental de Edificación", 2° Edición, Publicación de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, Santiago, Chile, 1990.

- Hanono, M; "Construcción en Madera", CIMA Producciones Gráficas y Editoriales, Río Negro, Argentina, 2001.

- Heene, A; Schmitt, H, "Tratado de Construcción", 7° Edición Ampliada, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.

- Jiménez, F; Vignote, S, "Tecnología de la Madera", 2° Edición, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría General Técnica Centro de Publicaciones, Madrid, España, 2000.

- Lewis, G; Vogt, F, "Carpentry", 3° Edición, Delmar Thomson Learning, Inc., Nueva York, EE.UU., 2001.

- Millar, J; "Casas de Madera", 1° Edición, Editorial Blume, Barcelona, España, 1998.

- Neufert, E; "Arte de Proyectar en Arquitectura", 14° Edición, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.

- Primiano, J; "Curso Práctico de Edificación con Madera", Editorial Construcciones Sudamericanas, Buenos Aires, Argentina, 1998.

- Reader´s Digest, "New Complete do-it yourself Manual", Canadá, 1991.

- Spence, W; "Residencial Framing", Sterling Publishing Company, Inc., Nueva York, EE.UU., 1993.

- Saelzer, G; "Tejuelas en cubiertas y en paramentos verticales", "Cuaderno N°2, Universidad del Bío-Bío, Editado por Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile , 1987.

- Stungo, N; "Arquitectura en Madera", Editorial Naturart S.A Blume, Barcelona, España, 1999.

- Thallon, R; "Graphic Guide to Frame Construction Details for Builder and Designers", The Taunton Press, Canadá, 1991.

- Villasuso, B; "La Madera en la Arquitectura", Editorial El Ateneo Pedro García S.A, Buenos Aires, Argentina, 1997.

- Wagner, J; "House Framing", Creative Homeowner, Nueva Jersey, EE.UU., 1998.

- www.citw.org (Canadian Institute of Treated Wood).

- www.creativehomeowner.com (The life style publisher for home and garden).

- www.durable-wood.com (Wood Durability Web Site).

- www.forintek.ca (Forintek Canada Corp.).

- www.fpl.fs.fed.us (Forest Products Laboratory U.S. Department of Agriculture Forest Service).

- www.inn.cl (Instituto Nacional de Normalización).

- www.pestworld.org (National Pest Management Association).

- www.preservedwood.com (American Wood Preservers Institute).

- NCh 173 Of.74 Madera –Terminología General.

- NCh 789/1 Of.87 Maderas – Parte 1: Clasificación de maderas comerciales por su durabilidad natural.

- NCh 1989 Of.86 Mod.1988 Madera – Agrupamiento de especies madereras según su resistencia. Procedimiento.

- NCh 2824 c.2002 Maderas – Pino radiata – Unidades, dimensiones y tolerancias.

- NCh 2824 Of 2003 Madera – Pino radiata – Unidades , dimensiones y tolerancias.


CORPORACION CHILENA DE LA MADERA
CORMA
CHILE PAIS FORESTAL

Unidad 18

REVESTIMIENTOS EN MADERA PARA PARAMENTOS EXTERIORES



Centro de Transferencia Tecnológica

Unidad 18

UNIDAD 18

REVESTIMIENTOS EN MADERA PARA PARAMENTOS EXTERIORES

18.1 GENERALIDADES

El tipo de terminación exterior, dado por el diseño arquitectónico, es lo más visible que presenta una vivienda. Debido a que el exterior es tan prominente, se vuelve indispensable elegir el revestimiento acorde con el proyecto y ser acucioso tanto en el control geométrico de la base sobre la cual irá, como en la instalación del mismo.

El revestimiento cumple además con la función de proteger la estructura de la vivienda, siendo la condición primordial, tanto para el diseño como para el material, impedir el ingreso de humedad a la estructura y al interior de la vivienda y permitir el fácil escurrimiento

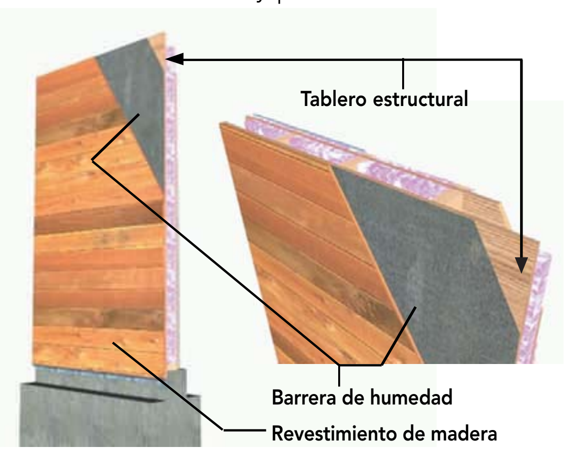
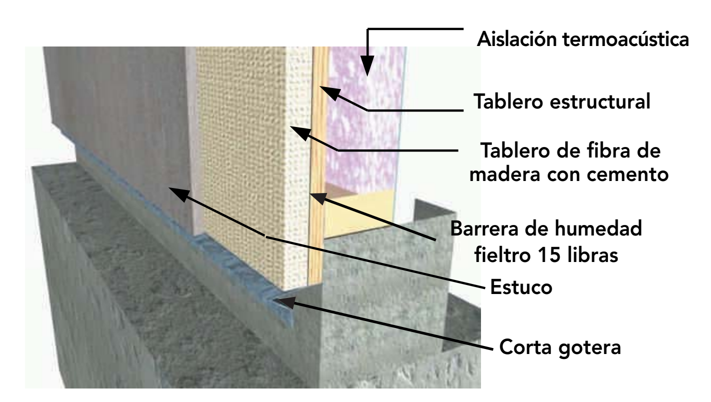
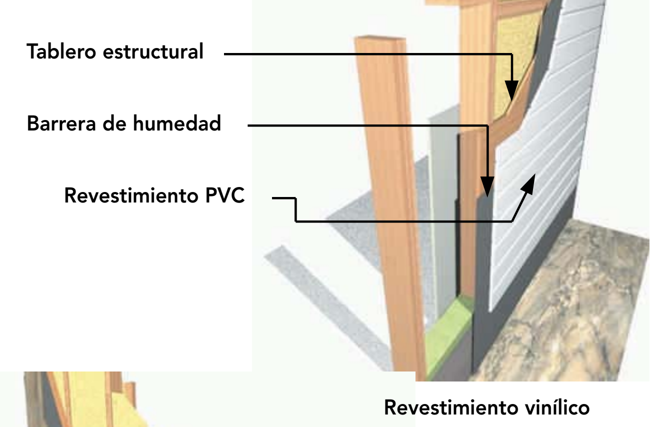


Figura 18-1: Paramentos con revestimiento de tablas, las que darán el aspecto definitivo a la vivienda.

Existe una multiplicidad de materiales con los que pueden ser fabricados los revestimientos para viviendas, siendo los más especificados:

- Madera
- Fibro-cemento
- Vinílico
- Cerámicos
- Mortero cemento
- Acero





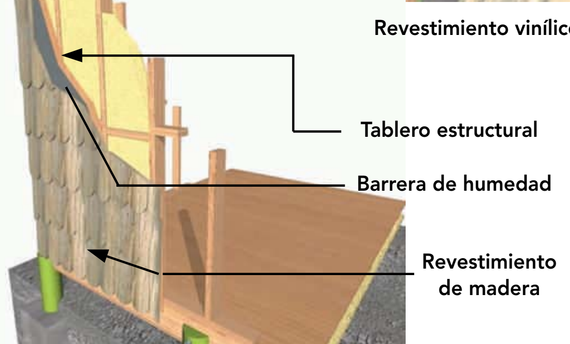


Figura 18-2: Algunas alternativas de revestimientos para los pa-ramentos exteriores.

Factores a considerar en la elección del revestimiento:

- Apariencia final
- Características del clima, como luz solar, viento, pluviometría, humedad relativa

- Costo del revestimiento
- Tiempo de instalación
- Mantenimiento recomendado por el fabricante

Con respecto al sentido de instalación, la mayoría de los revestimientos pueden ser instalados en forma horizontal, vertical o en otra dirección, permitiendo obtener variados diseños.

18.2 PREPARACIÓN DE LA BASE

El plano generado por los pie derecho como la base sobre la cual se dispondrá el revestimiento, tablero contrachapado o de hebras orientadas, debe ser controlado geométricamente.

Los planos a revestir deben corresponder a figuras geométricas que no acusen deformaciones a simple vista por desangulaciones, falta de paralelismo, verticalidad u horizontalidad, al igual que la geometría en vanos de puertas y ventanas.

Para evitar esos problemas es conveniente efectuar los controles que estipula el plan de gestión de calidad, ya que si los errores se detectan tardíamente, se debe buscar la solución con un revestimiento que no acuse dicho desperfecto.

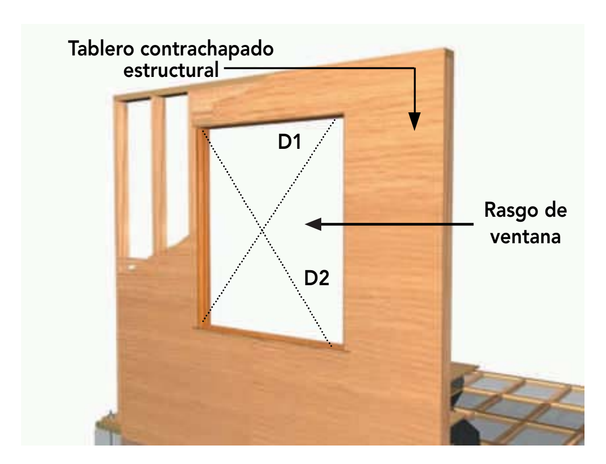


Figura 18-3: Al controlar geométricamente los vanos, las diagonales de estos deben tener igual largo (D1 = D2).

La base, además, debe contar con la barrera de humedad respectiva, elemento que debe ser controlado acorde al plan de gestión de calidad, por ejemplo, aplicar un fieltro asfáltico de 15 lbs donde los traslapes no sean menores de 10 cm entre paños, que la fijación al tablero estructural sea ejecutada con corchetes de dimensiones adecuadas en un reticulado de 20 cm.

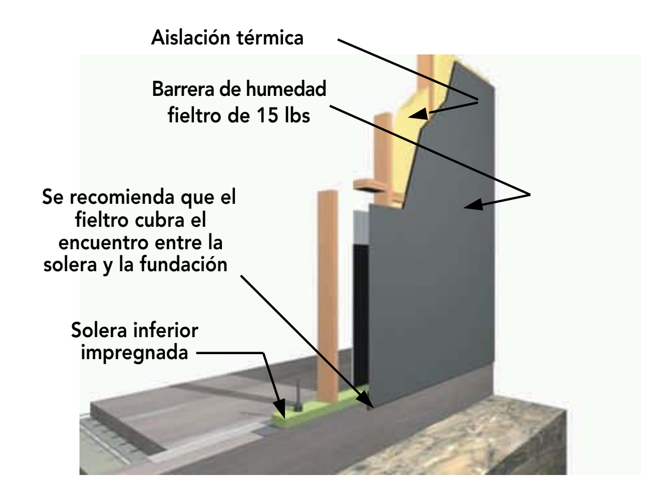


Figura 18-4: Se recomienda que la barrera de humedad pase al menos 50 mm el encuentro entre la solera inferior y la fundación.

18.3 REVESTIMIENTOS DE MADERA

Estos pueden ser piezas sólidas de madera, tableros contrachapados o de fibras orientadas con distintos tipos de terminaciones y soluciones para cada caso. La ventaja de usar madera reside en la diversidad del diseño, su bajo coeficiente de transmisión térmica, bajo peso con relación a su resistencia, elasticidad, y además, facilidad de colocación y mantenimiento.

La mayoría de estos revestimientos requieren pinturas o barnices protectores. Las maderas se deben proteger de los agentes bióticos y abióticos, existiendo la opción de lograr distintos acabados, pintando el revestimiento en el color que se desee.

18.3.1 Revestimientos con molduras de madera

Existen molduras exteriores con gran diversidad de perfiles, de variadas secciones y formas, cuyas uniones se resuelven de diferentes maneras:

Machihembrado: se llama al calce de dos piezas, en que una tiene un rebaje acanalado central y la otra una pestaña central, como se observa en la figura.

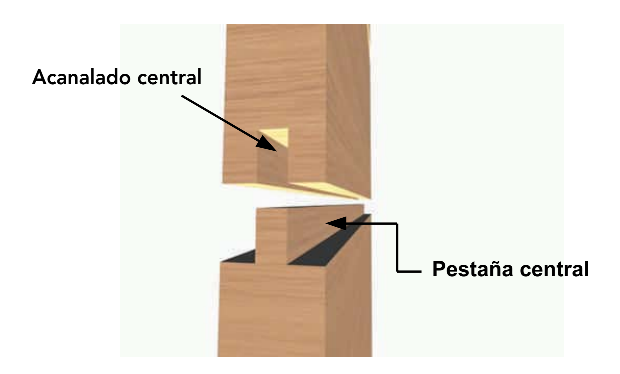


Figura 18 - 5: Revestimiento machihembrado.

UNIDAD 18

REVESTIMIENTOS EN MADERA PARA PARAMENTOS EXTERIORES

Tinglado: forma de instalar las molduras, montando la pieza superior sobre la inferior entre 2 a 2,5 cm en forma horizontal, como se observa en la figura.

Figura 18 - 6: Revestimiento tinglado.

Traslapado: las molduras tienen rebajados sus cantos, permitiendo montar una sobre otra y manteniendo el plomo del muro.

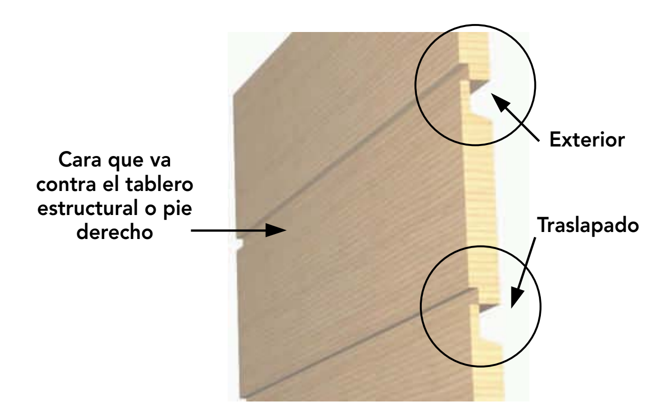


Figura 18 - 7: Revestimiento traslapado.

Por otro lado, existen piezas como el cubrejunta, que es un listón que cubre la unión entre dos elementos del revestimiento, evitando el ingreso de humedad o viento al interior de la vivienda.

La norma NCh2100 Of 2003 Maderas- Molduras- Designación y Dimensiones, define tamaños y formas de las molduras, como se muestra a continuación:

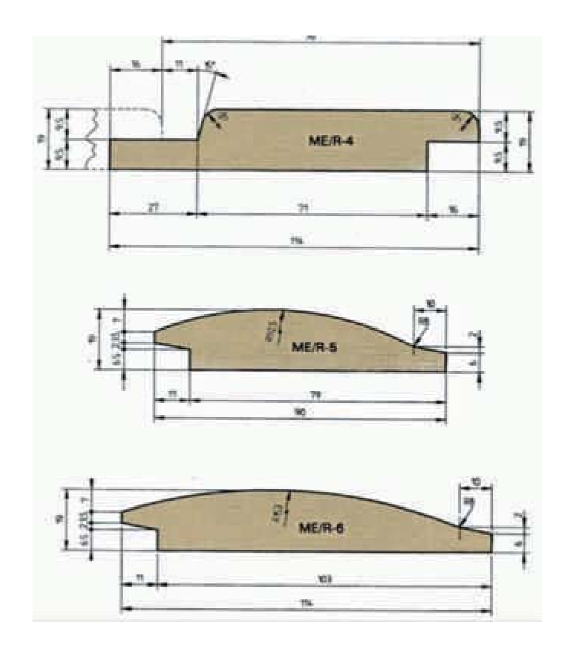
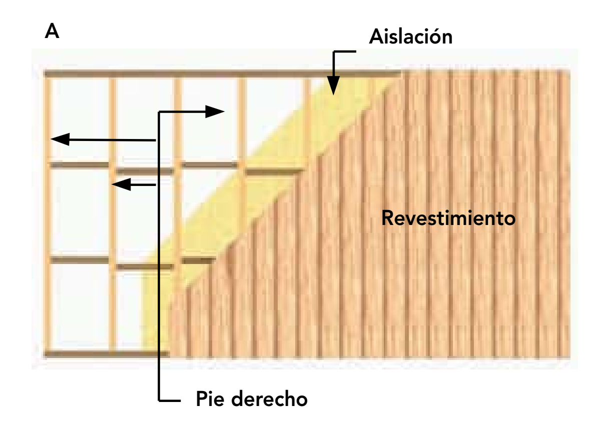
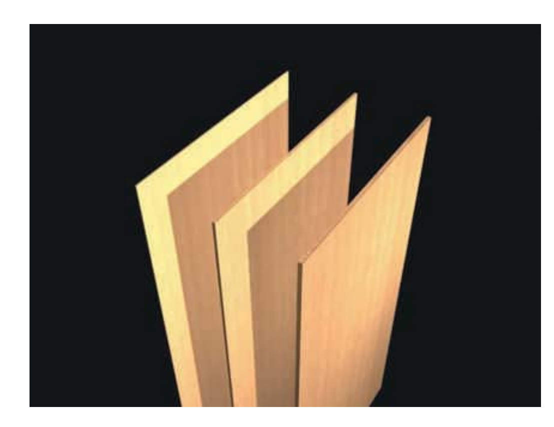


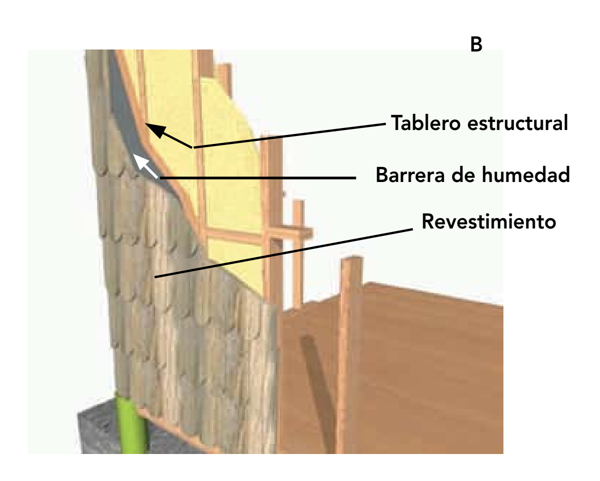
Figura 18 - 8: La norma clasifica las molduras y entrega información con respecto a las dimensiones de los perfiles.

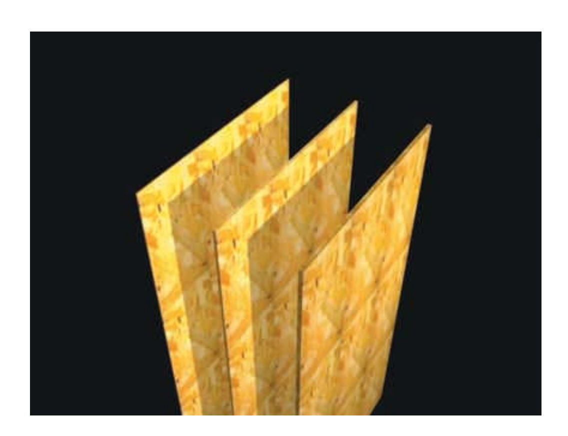
Estos revestimientos pueden instalarse sobre un tablero estructural (tablero contrachapado fenólico o de hebras orientadas) o directamente sobre la estructura, conformada por pie derecho, cumpliendo en este caso una doble función: como elemento arriostrante del tabique y como revestimiento, lo que dependerá del diseño y cálculo estructural.





Tablero estructural de
contrachapado fenólico





Tablero estructural de
hebras orientadas

Figura 18 - 9: Revestimientos utilizados como revestimiento y arriostramiento (A) y sólo como revestimiento, el cual va sobre un tablero estructural (B).

18.3.2 Revestimientos con tableros de madera

Los revestimientos con tableros (contrachapado fenólico o de hebras orientadas) pueden cumplir una doble función si estos, además, son estructurales, como riostra para tabiques soportantes perimetrales.

Los tableros dan la opción de variadas terminaciones ex-teriores en cuanto a tamaño, textura de la superficie y di-seño, siendo más comunes las terminaciones que emulan molduras de piezas sólidas como tinglado.

Figura 18 - 10: Tableros estructurales de espesor según cálculo, que además son revestimientos definitivos.

Su tamaño comercial es de 1,22 x 2,44 m y puede tener bordes lisos, machihembrados o con rebaje para ser puesto traslapado como solución de encuentro entre tableros. Requiere que los bordes cortados sean tratados con pinturas especiales para protegerlos de la humedad.

18.4 CONSIDERACIONES EN LA COLOCACIÓN

Previo al inicio de la colocación del revestimiento se debe contar con los detalles de encuentro de éste con la fundación, esquinas y bordes.

18.4.1 Encuentro con la fundación

Generalmente se especifica en el plano de detalles que el revestimiento quede 50 mm pasado el encuentro entre el sobrecimiento o friso y la solera de montaje o solera inferior, en dirección a la fundación.

Adicionalmente, se debe colocar un corta gotera que llegue hasta el borde del revestimiento, sobresaliendo un par de centímetros hacia el exterior. Esto evitará que el agua escurra por la fundación o se filtre hacia el interior de la vivienda.

Asimismo, es importante considerar que la distancia entre el borde inferior del revestimiento y el nivel del terreno natural sea al menos 30 cm para viviendas provistas de canaletas de aguas lluvias y 50 cm para las que no tengan. De esta forma, se evita que el agua humedezca la zona inferior de los revestimientos al rebotar en el suelo.

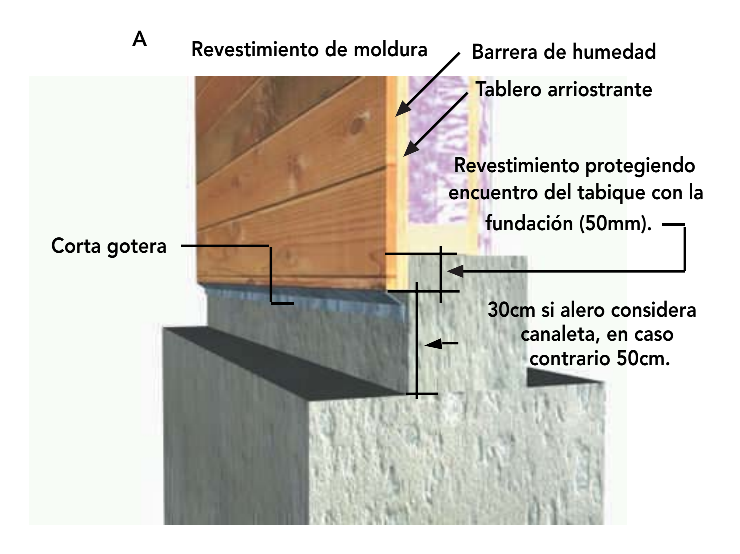


Figura 18 -11a: Detalle del encuentro del revestimiento con la fundación corrida. El revestimiento debe pasar a lo menos 50 mm bajo la solera inferior de anclaje del tabique perimetral soportante.

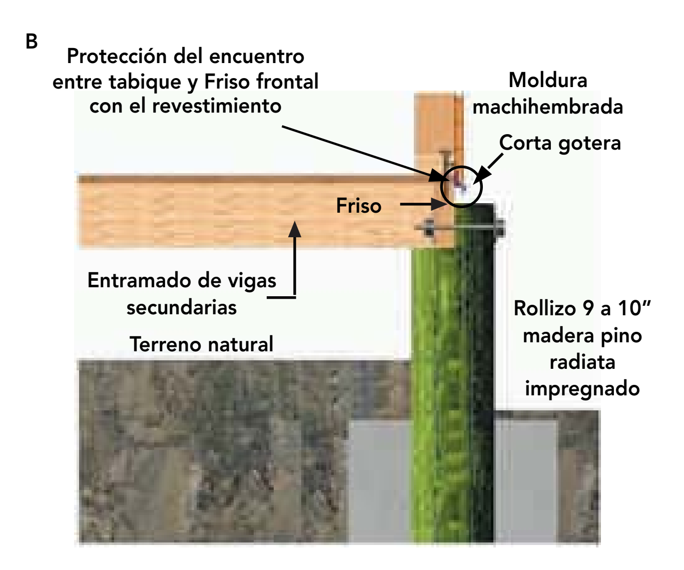


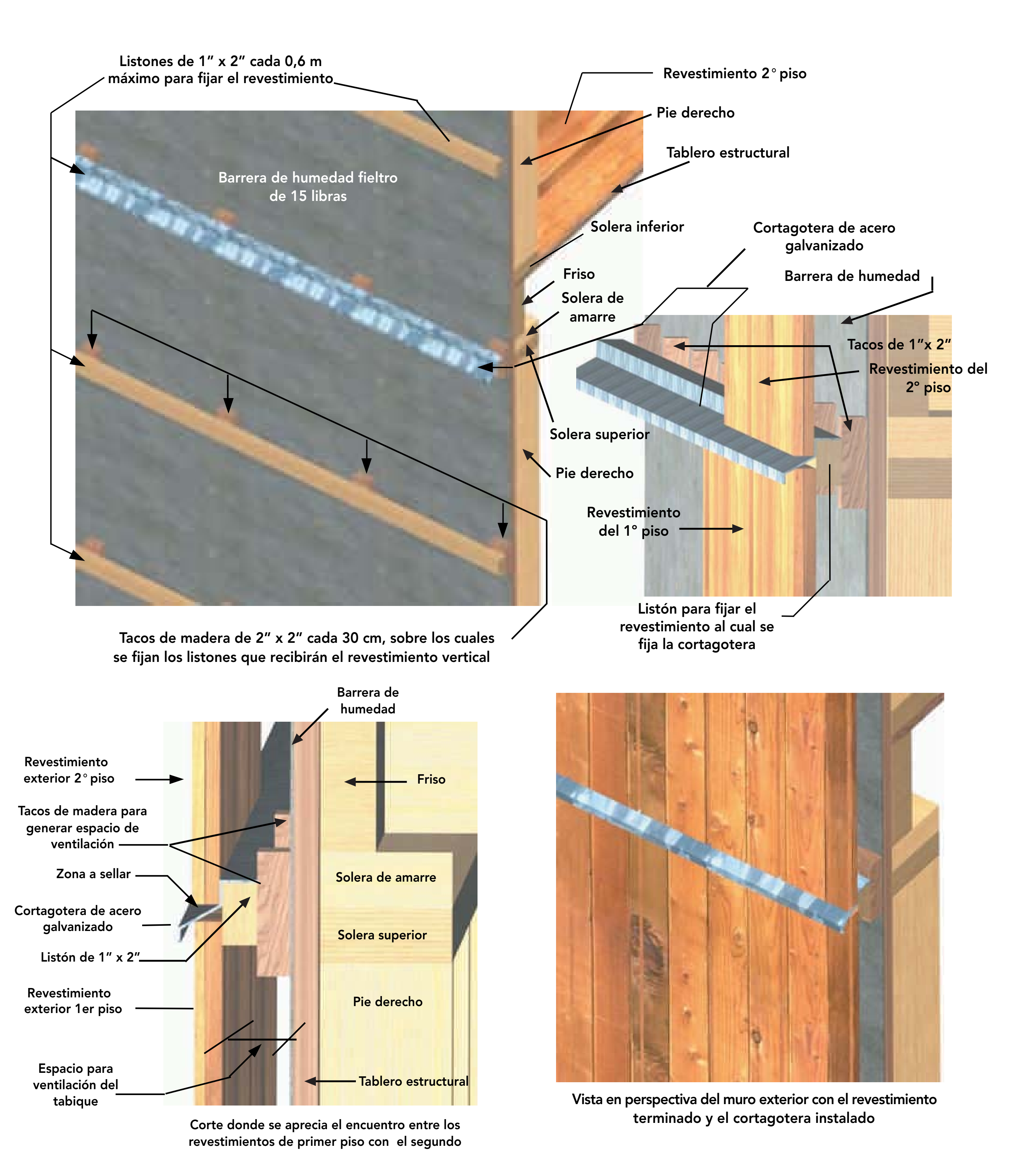
Figura 18 - 11b: Detalle del encuentro del revestimiento con fundación aislada, que debe cubrir al friso a lo menos en 50 mm, además del corta gotera correspondiente.

18.4.2 Encuentro entre dos niveles

En el encuentro entre revestimientos de dos niveles, al combinar dos tipos de revestimientos o al colocar un mismo tipo, pero formando distintas figuras sobre el muro, es necesario considerar una solución del encuentro que se produce entre el primer y segundo piso, a fin de impedir el ingreso de agua al interior de la vivienda.

El encuentro entre revestimientos se puede solucionar de las siguientes maneras:

- Colocando un corta gotera de fierro galvanizado con pendiente hacia el exterior entre los dos revestimientos. El encuentro con el revestimiento del nivel superior debe ser sellado para evitar el ingreso de humedad.

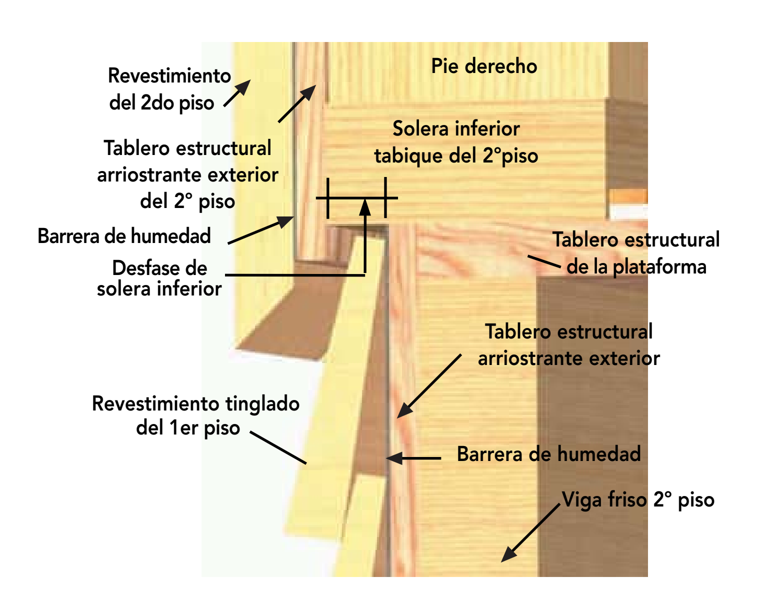


Corte donde se aprecia el encuentro entre los revestimientos de primer piso con el segundo

Vista en perspectiva del muro exterior con el revestimiento terminado y el cortagotera instalado

Figura 18 - 12: Detalles de solución constructiva para el encuentro de los revestimientos entre dos niveles con cortagotera, en tabique ventilado.

- Desplazando los tabiques perimetrales del segundo piso un par de centímetros hacia el exterior, respecto de la plataforma del segundo piso. La finalidad es que el revestimiento del segundo piso quede por sobre el revestimiento del primero, protegiendo el encuentro e impidiendo el ingreso de la humedad a la vivienda.



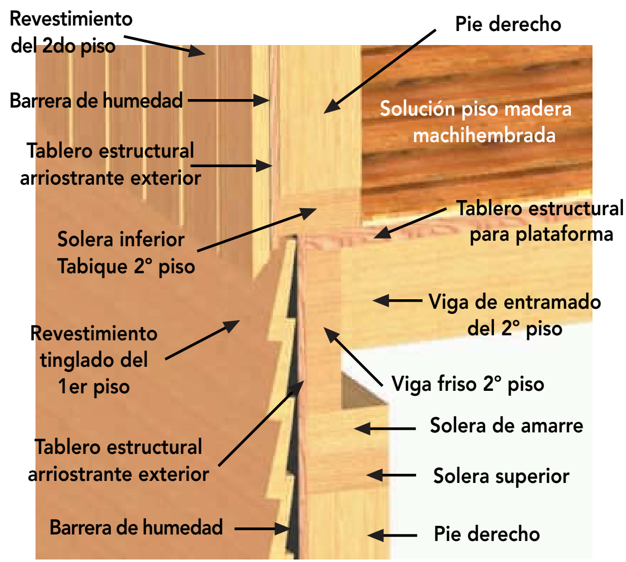


Figura 18 -13: Detalle de solución constructiva para el encuentro del revestimiento entre dos niveles, desfasando la solera inferior de los tabiques perimetrales del segundo piso. Corte y vista en perspectiva del muro exterior con el revestimiento instalado.

18.4.3 Encuentro con el alero

El recubrimiento debe terminar, ya sea bajo una pieza de atraque de terminación con espesor conocido o a tope con el alero, en cuyo caso es recomendable colocar una cornisa para cubrir el encuentro.

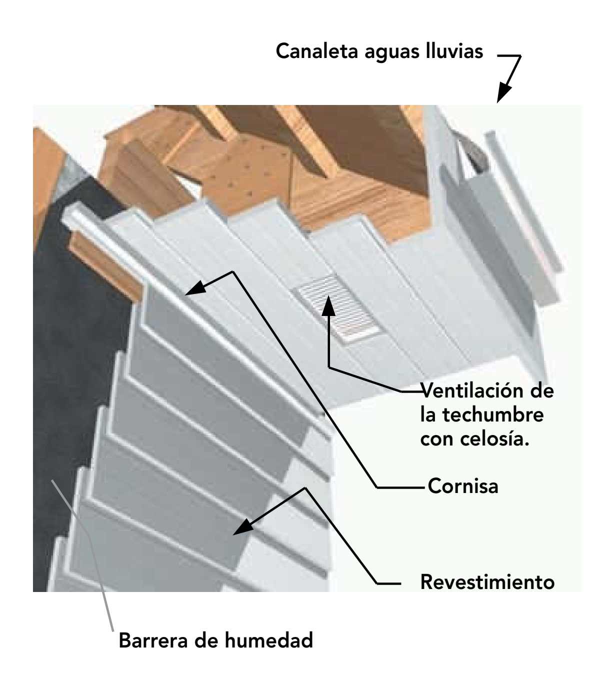
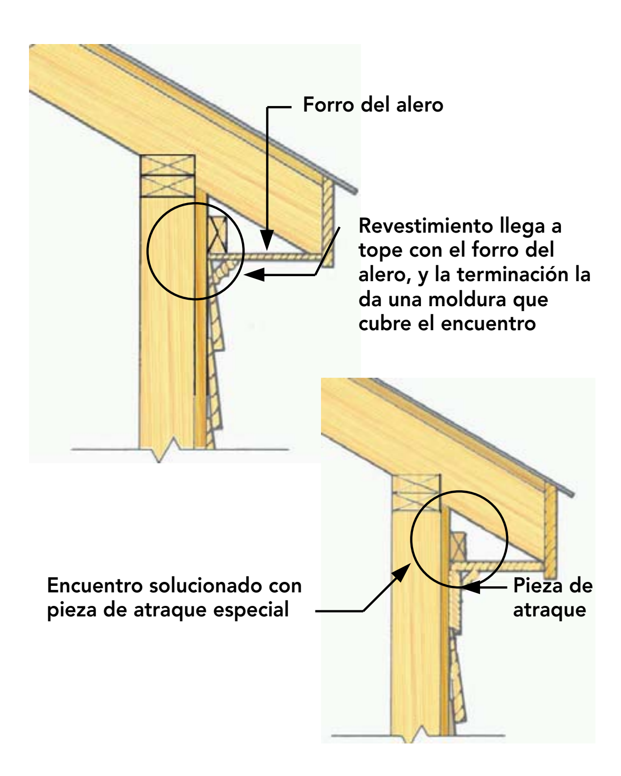


Figura 18 -14: Moldura tapando el encuentro entre el revestimiento y el alero.



18.4.4 Encuentros de muros

Para solucionar los encuentros de muros, se debe conocer de antemano si el revestimiento va dispuesto en forma horizontal o vertical, ya que existen varias opciones para proteger dichos encuentros, según sean estos cóncavos o convexos:

a) Para revestimientos dispuestos en sentido horizontal

- Si el recubrimiento está puesto en forma horizontal, se puede realizar un corte en 45° a cada elemento del encuentro.

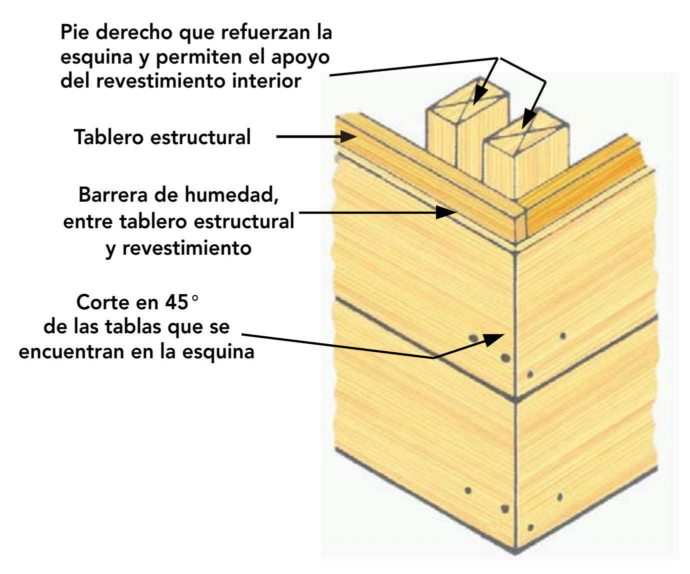


Figura 18 - 16: El corte en 45° debe ser muy exacto, de tal forma que el encuentro entre las tablas, que quedará a la vista, se vea uniforme y continuo.

- Se pueden colocar protecciones metálicas en las esquinas.

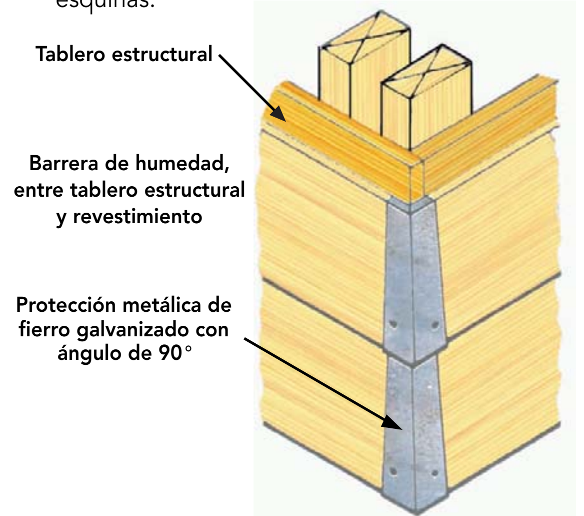


Figura 18 -17: La protección metálica ayudará a evitar el ingreso de la humedad y protegerá los bordes de las tablas.

- Se puede cubrir el encuentro con listones clavados al tabique y entre sí. El espesor mínimo de estos debe ser al menos el doble del espesor del revestimiento, con el fin de proteger la esquina de la posible infiltración de humedad y del roce, consiguiendo una terminación estética adecuada.

  El revestimiento no debe llegar a la esquina, dejando un espacio igual al ancho del listón. Se debe considerar que habrá un listón más angosto que otro, en una distancia igual al espesor de los listones.

  El encuentro de los listones debe quedar en el lado interior de menor exposición a la vista.

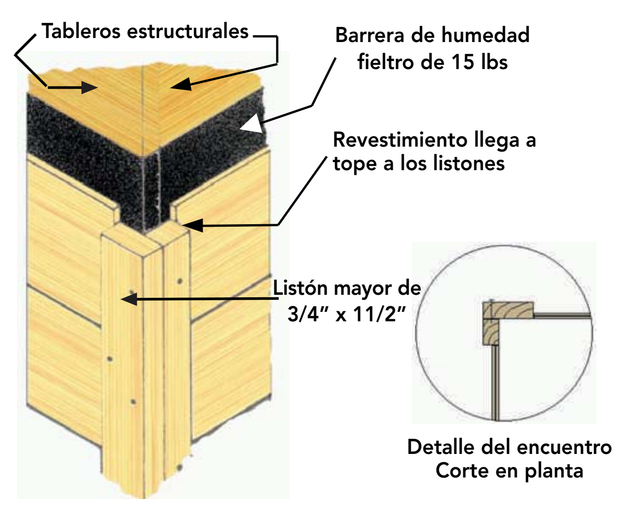


Figura 18 -18: El clavado de los listones es en forma de zig-zag como se observa en la figura, correspondiendo uno como fijación a la estructura y el siguiente como fijación al listón de encuentro.

Para asegurar un encuentro estanco y un calce perfecto, en la instalación de estos listones se debe considerar que:

- Ambos lados del muro queden cubiertos con un fieltro de 15 lbs. Puestos verticalmente, uno debe ser más ancho que el otro en al menos 5 cm para que dé la vuelta y selle la esquina.

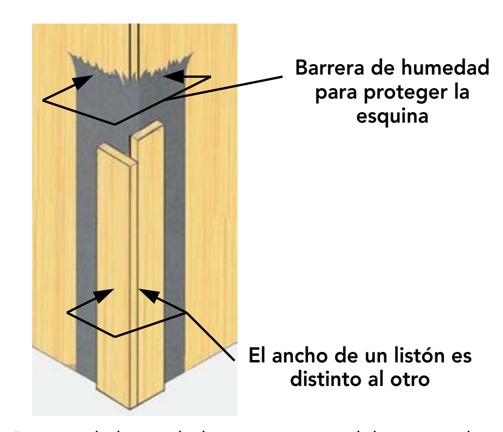


Figura 18-19: Barrera de humedad para proteger del ingreso de ésta por la esquina.

- Para asegurar que los listones queden a tope en todo su largo, se recomienda realizar un corte como indica la **Figura 18 - 20.**

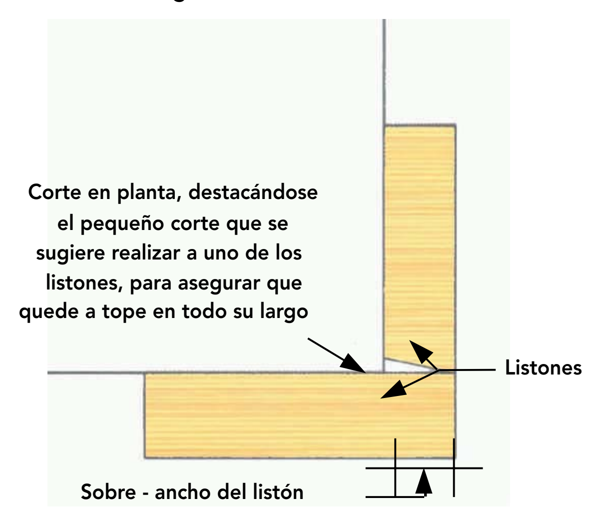
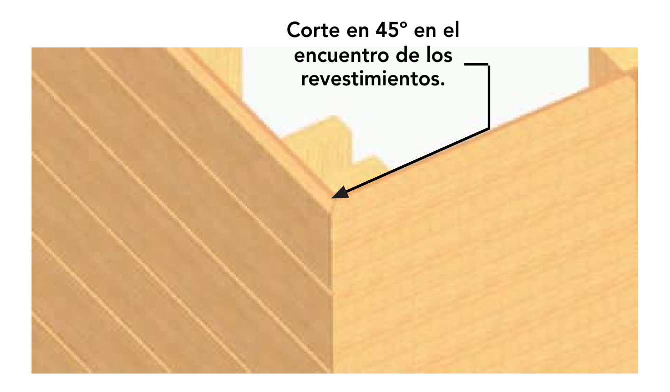


Figura 18 - 20: Detalle en la colocación de los listones donde se aprecia el rebaje en una de las aristas de estos.

A continuación, se muestran distintas soluciones de esquina, que pueden ser aplicadas según la protección que se desea dar y la arquitectura de la vivienda.



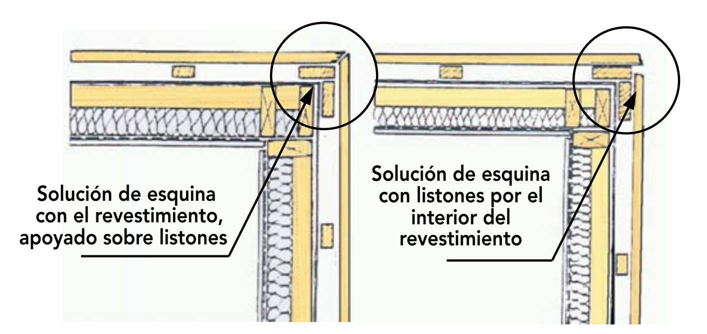


Figura 18 - 21: Soluciones para el encuentro en las esquinas de los revestimientos dispuestos en forma horizontal.

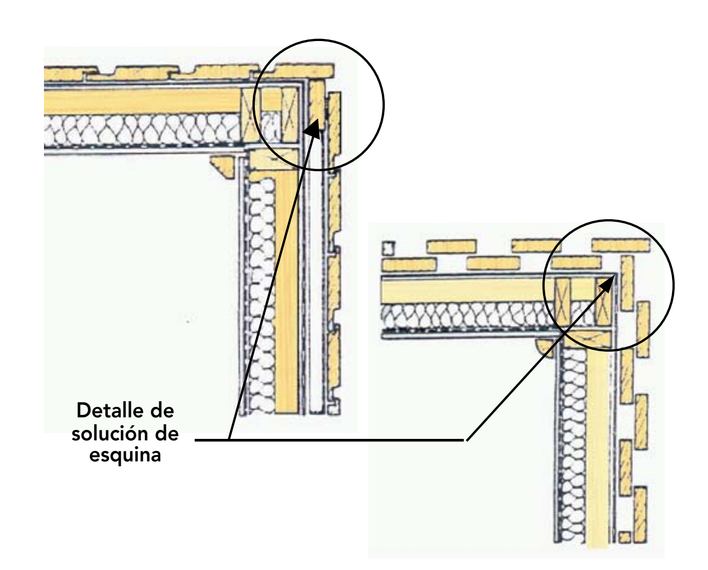




Figura 18 - 23: Revestimiento en moldura de $^{3}/_{4}$" x 5" tinglado, con tratamiento superficial y terminación con pintura acrílica.

Para determinar el número de piezas necesarias en la zona de atraque, entre los límites superior (dintel) e inferior (alféizar) de una ventana, se debe dividir el alto de la ventana por la zona expuesta.

Luego, para determinar la cantidad de piezas que caben bajo el alféizar, considerando que el revestimiento debe pasar la solera inferior un par de centímetros, se repite el mismo procedimiento recién planteado de dividir la altura por la zona expuesta recomendada. De producirse alguna diferencia entre la zona expuesta de las tablas bajo la ventana con las que están en el área de la ventana, ésta no es relevante, ya que el ojo no es capaz de detectarlo, como se observa en la **Figura 18 – 24.**

El mismo procedimiento es aplicable a la zona del dintel.

Una vez determinado el número de elementos que caben en el muro exterior y la zona expuesta según el sector, es recomendable trasladar ese patrón a una pieza recta que sirva como guía para la rápida colocación del revestimiento.

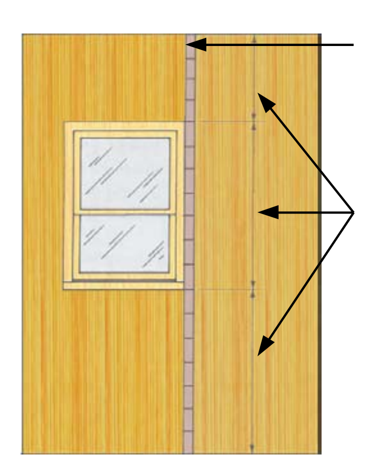


Figura 18 - 24: Ejemplo de cómo determinar el número de piezas que caben en la zona del dintel a la altura del vano y bajo el alféizar.

En la colocación de este tipo de solución, se recomienda comenzar desde la parte baja del muro, tomando en consideración las observaciones dadas al inicio de la unidad para obtener un óptimo resultado en la apariencia del revestimiento y prevenir que no ingrese la humedad.

Para comenzar la instalación del revestimiento, se debe fijar un listón en la parte inferior del tabique estructural, de igual espesor que el revestimiento y de unos 51 mm de ancho a lo largo del tabique.

La colocación de la primera corrida de piezas requerirá que se trace una línea nivelada en la base del tabique, a suficiente distancia de ésta para que quede visible la zona expuesta que se ha determinado, de tal forma que pueda guiar la parte superior de la corrida, dando la altura y horizontalidad en su colocación.

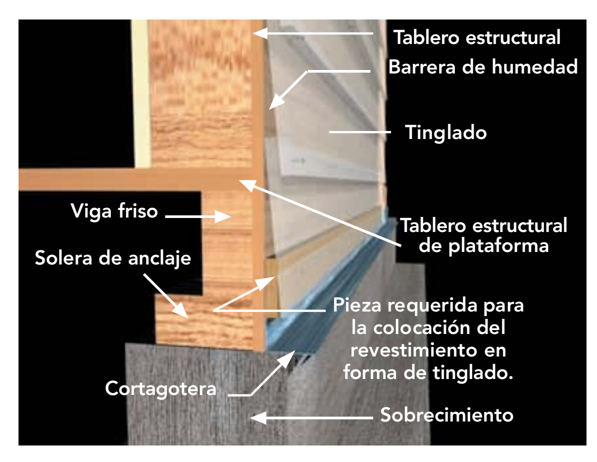


Figura 18 - 25: Inicio de la colocación del revestimiento, sobre la solera de anclaje con viga friso sobre fundación continua, con plataforma de madera en el primer piso.

En la colocación de corridas de tablas se recomienda partir desde un extremo del muro y avanzar hacia el otro extremo. De forma que la última tabla deberá ser cortada para que calce en el muro.

La junta a tope entre dos tablas colineales debe ser muy ajustada. En caso de hacer calzar una tabla entre dos de ellas, se debe medir cuidadosamente el largo requerido, realizar el corte un poco más ancho que lo necesario, presentar la tabla y hacer que calce en su ubicación.



Figura 18 - 26: Opción para realizar un calce ajustado entre piezas de madera puestas como revestimiento.

Para cortes precisos se puede utilizar una pieza de madera guía, como se observa en la **Figura 18-27**, la cual permitirá trazar la línea de corte en forma cómoda y segura.

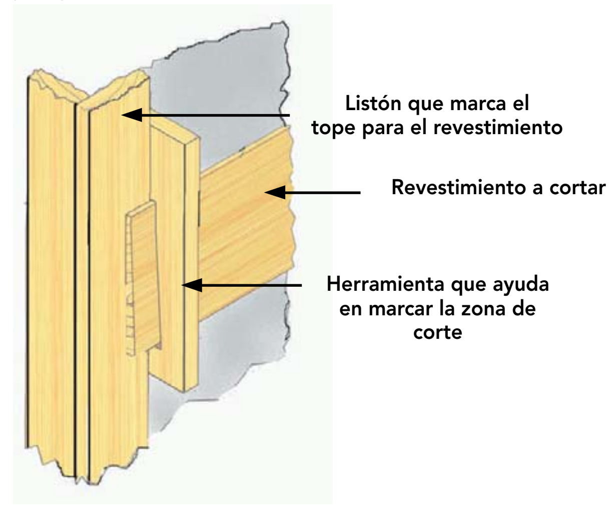


Figura 18 - 27: Uso de la pieza que ayuda a determinar el corte requerido para una pieza del revestimiento.

Cuando se coloca el revestimiento bajo la ventana, se debe asegurar la última corrida bajo el marco de ésta, para impedir el ingreso de agua o viento al interior de la estructura.

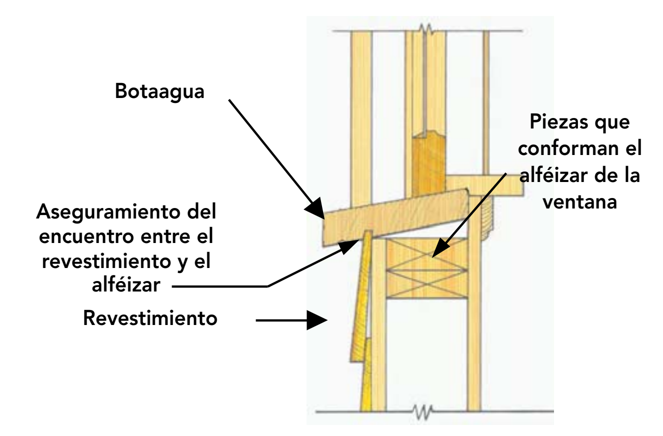


Figura 18 - 28: Ejemplo de cómo proteger el encuentro entre el revestimiento y el alféizar del ingreso de humedad, se debe hacer un rebaje en el bota agua para introducir la última pieza de la moldura, además de sellar dicho sector.

b) Otros (traslapados y machihembrado)

La zona de exposición para perfiles distintos al tinglado es constante, por lo que se debe trazar sobre el tabique líneas que marquen el inicio y término de aberturas, como puertas y ventanas para mantener alineadas las tablas.

Los aspectos mencionados para la colocación de tinglados se mantienen para estos casos.

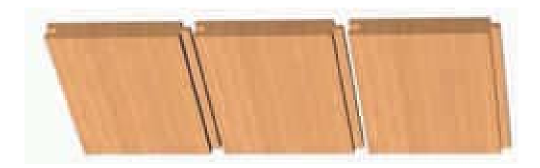
18.5.1.2 Tableros

La opción de colocar los tableros decorativos estructurales, con su diseño en sentido horizontal, genera inconvenientes en los encuentros verticales entre tableros, donde se puede infiltrar la humedad, por lo que se hace necesaria la colocación de tapajuntas, que arquitectónicamente no es lo más aconsejable en la mayoría de los casos.

18.5.2 Instalación de revestimiento en sentido vertical

18.5.2.1 Molduras

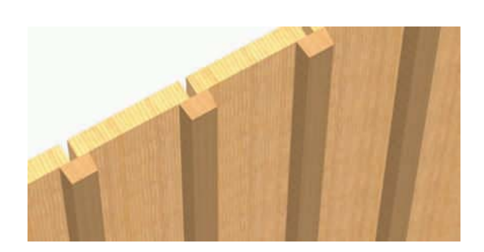
Las formas más tradicionales en la colocación del revestimiento en sentido vertical son machihembrado, traslapado y cubre juntas.



Solución con molduras machihembradas



Solución con molduras traslapadas



Solución con cubrejuntas

Figura 18 -29: Soluciones de revestimiento con molduras dispuestas en sentido vertical.

La instalación del revestimiento en forma vertical implica colocar cadenetas cada 400 mm entre los pie derecho, de forma de contar con una superficie donde fijar cada moldura.

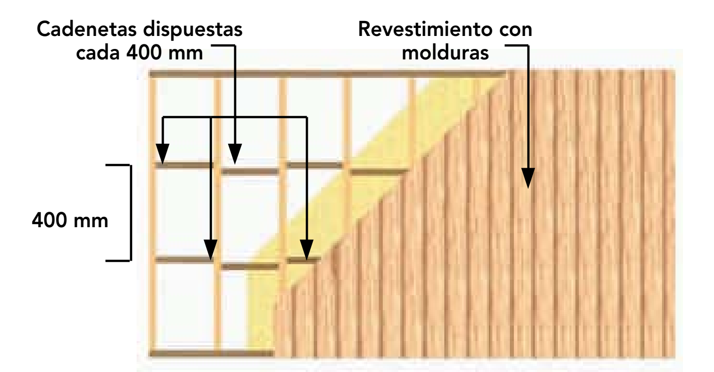


Figura 18 - 30: Cadenetas adicionales sobre las que se fijará el revestimiento.

a) Machihembrado

Se debe rebajar el borde acanalado del revestimiento que se usa como pieza de inicio, de forma que quede sin la acanaladura y realizar un pequeño desbaste en este extremo por la parte posterior de la tabla, como se muestra en la **Figura 18 - 20**, para obtener un calce exacto entre las piezas que llegan a la esquina.

Se debe instalar la primera moldura en la esquina, sobresaliendo del muro una distancia igual al espesor de la moldura (**Figura 18 – 31**). Se debe considerar, igual como en otros casos, que el revestimiento quede a lo menos 50 mm bajo el nivel de la solera inferior, a fin de proteger el encuentro entre solera y plataforma.

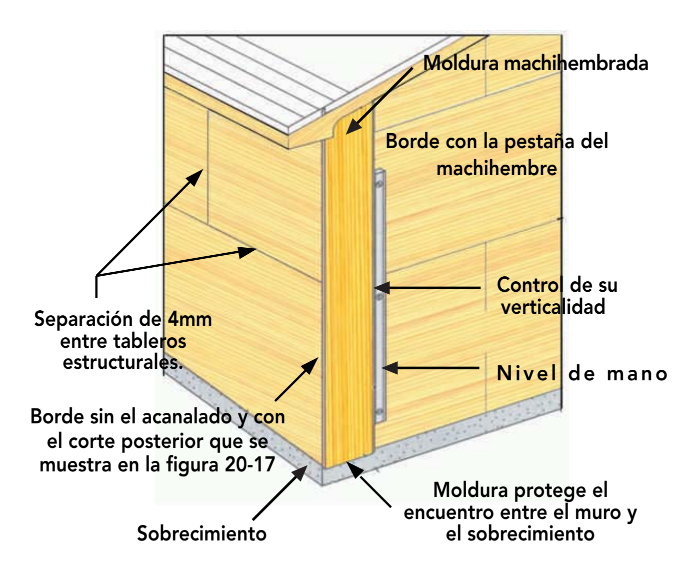


Figura 18 - 31: Consideraciones para dar inicio a colocación del revestimiento.

Se debe controlar el plomo de la primera tabla que servirá de guía para el resto.

Por el borde del revestimiento que no ha sido rebajado (lado con la pestaña), se coloca un clavo de forma oblicua, el cual quedará ciego o perdido al colocar la siguiente tabla.

En el otro extremo se coloca una tabla de manera temporal, manteniendo el nivel de la primera, para lo cual se traza una línea guía en la parte baja del muro, la que dará el nivel para la colocación del resto de las tablas de revestimiento, las que se fijan con los clavos cada 400 mm, puestos en forma oblicua, por el lado donde está la pestaña del machimbre.

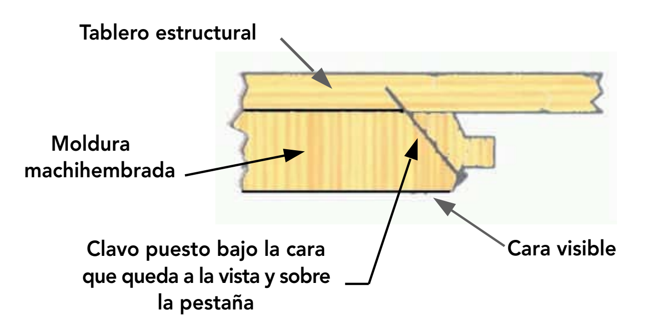


Figura 18 - 32: Detalle de la colocación del clavo en la moldura machihembrada.

Los encuentros entre tablas deben quedar bien trabados. Para esto se golpea con un trozo de tabla, a la que se le corta en todo su largo la pestaña del machihembrado que se desee trabar, como se observa en la **Figura 18-33.**

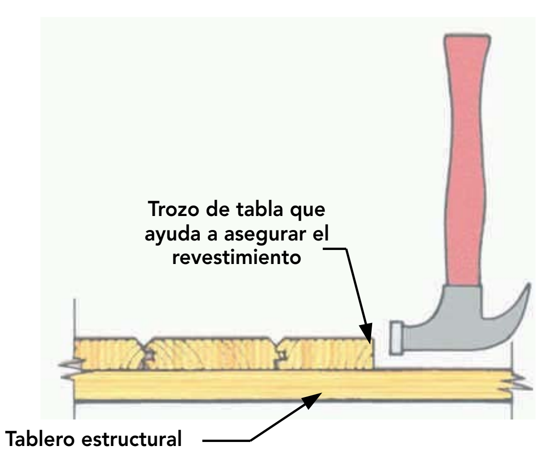


Figura 18 - 33: Vista en planta del sistema para asegurar la correcta colocación del revestimiento.

Hay que evitar las juntas horizontales. En caso de ser necesario su uso, se deben realizar los cortes o rebajes que muestran las figuras, protegiendo del ingreso de humedad el interior de la vivienda.

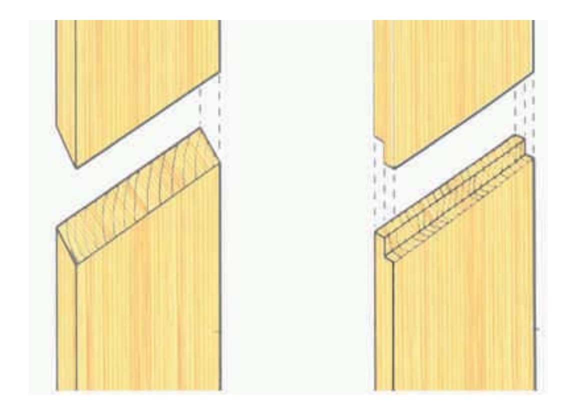


Figura 18 - 34: Solución a juntas horizontales, con el fin de evitar el ingreso de la humedad a la estructura.

Con respecto a la solución de los encuentros con vanos, se debe considerar que queden las tablas en su ancho total, salvo el sector que coincide con la ventana o puerta, donde se deberá realizar el corte para que calce en esa zona.

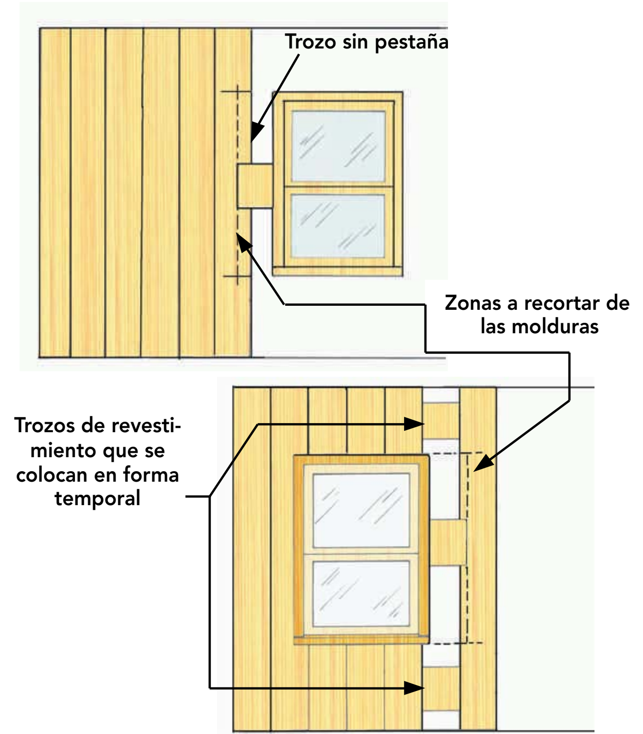


Figura 18 - 35: Ayudado de un trozo de moldura al que se le ha cortado toda la pestaña (cuidar de cortar sólo lo necesario), se puede dibujar en la tabla la zona que debe ser cortada.

Siempre se debe tener presente proteger del viento y la humedad, los encuentros entre el revestimiento y los marcos de ventanas y puertas.

Para la moldura que llega a una esquina, 150 cm antes de llegar a ésta se debe interrumpir la colocación del revestimiento, verificando que el espacio que queda permita llegar con una moldura del ancho normal. De no ser así, se deben desgastar las molduras que quedan por colocar, a fin de distribuir entre varias el ancho que sobra, llegando al final con una pieza de ancho parecido al resto. Este desbaste a los anchos de las molduras no lo advierte el ojo, por lo que el diseño no se verá afectado.

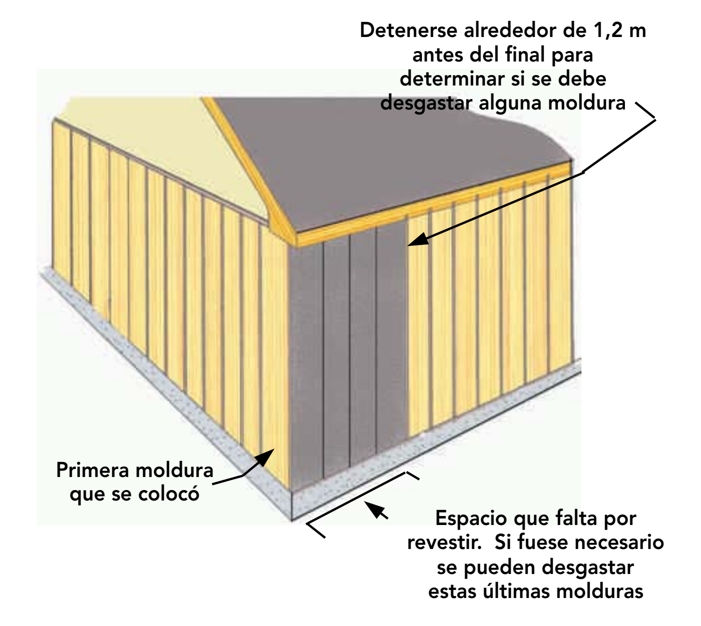


Figura 18 - 36 : Solución para poder obtener una terminación con piezas completas.

b) Otros

La colocación de los otros tipos de revestimiento de madera considera básicamente los mismos aspectos descritos para el machihembrado.

Como recomendación general, se debe realizar un corte en 45° en el extremo inferior de las molduras, evitándose de esta forma que la madera absorba la humedad. Este extremo debe ser tratado de todas formas.

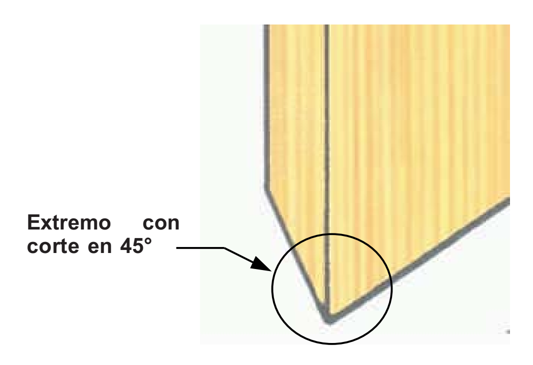


Figura 18 - 37: Solución para el extremo inferior de las molduras.

Para el caso de la instalación de revestimientos dispuestos como cubrejuntas, es importante el detalle de que se alterne el sentido de los anillos de la moldura, es decir, que una tenga su cara medular hacia fuera y la siguiente hacia dentro, de tal forma que al moverse se sellen entre sí.

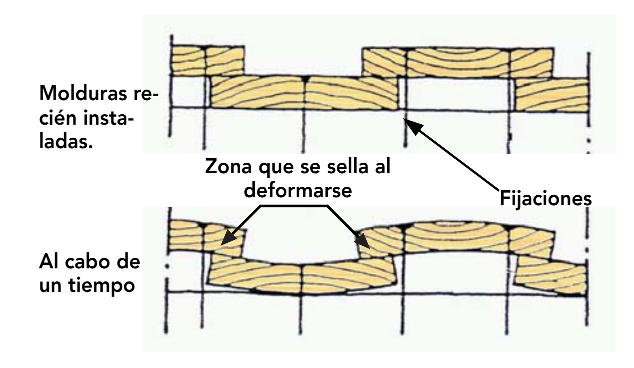


Figura 18 - 38: Corte de revestimiento de cubrejuntas alternando el sentido de los anillos de las molduras, ayudando a posterior, en caso de haber deformaciones, a sellar el encuentro entre ellas.

18.5.2.2 Revestimiento con tableros

Se da inicio a su instalación presentando el primer tablero, aplomado y que en un extremo coincida con el borde de la esquina que forman el encuentro de dos tabiques perimetrales, y en el otro, calce con el centro de un pie derecho, siguiendo la línea guía que marca el límite inferior al que llegan los tableros.

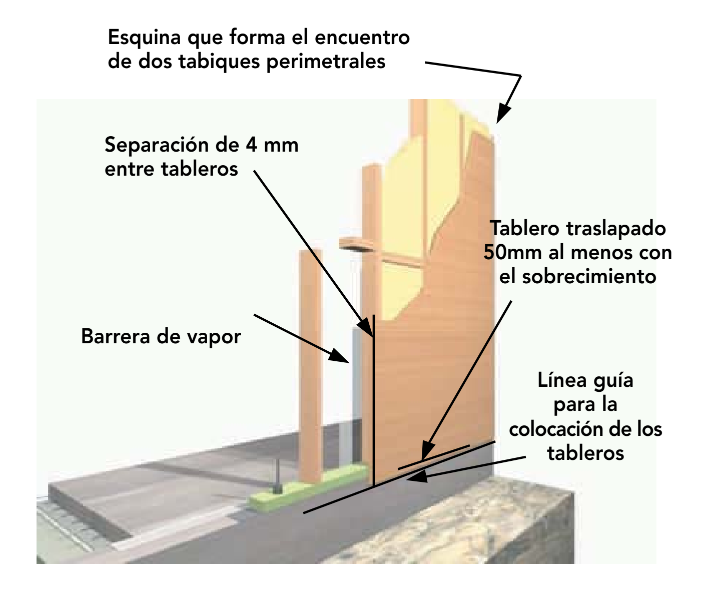


Figura 18 - 39: Colocación de tableros con terminación para revestimiento exterior al inicio de la instalación.

Se colocan los otros tableros cuidando de mantener una línea recta con los bordes inferiores de ellos, que deben quedar 50 mm pasados del encuentro del tabique con el sobrecimiento o friso, según corresponda, y dejando una
huelga de 4 mm entre ellos para su dilatación.

18.5.3 Instalación del revestimiento con o sin cámara de aire

Los tabiques perimetrales pueden recibir el revestimiento exterior independiente del sentido que se disponga, de forma que pueda quedar o no, un espacio entre el papel fieltro y la trascara del revestimiento de madera. Esto genera una clasificación de tabiques en ventilados (con espacio entre revestimiento y tabique) y no ventilados (sin espacio entre revestimiento y tabique).

a) Tabiques ventilados

A pesar de todas las medidas que se puedan tomar, sobre todo en zonas lluviosas o muy húmedas, en cuanto a la calidad de los materiales, su tratamiento de protección, soluciones constructivas dadas por diseño y cuidados en la materialización de las actividades, siempre existe el riesgo de infiltración de humedad a la trascara del revestimiento de madera, dañándolo y potenciando la posibilidad del ingreso de humedad al interior de los tabiques.

En esas situaciones, es recomendable considerar un espacio tras el revestimiento que permita la ventilación de esa zona, obteniéndose ventajas como:

- Evitar que si falla la barrera de vapor e ingresa humedad al tabique, ésta no quede atrapada en él o en la trascara del revestimiento.
- Es posible eliminar la humedad que llega hasta este espacio, por la renovación de aire que se produce en la zona.
- Impedir el ingreso de agua por las ranuras cuando hay viento, debido a la presión atmosférica en ambas caras del revestimiento.

Este espacio ventilado debe tener un espesor mínimo de 20 mm libres, lo que se obtiene con tacos o listones de madera que se fijan a la estructura del tabique, distanciados entre 0,30m y 0,60m. Su disposición es en sentido perpendicular al revestimiento. A estos tacos o listones se fijará el revestimiento.

Esta cámara debe permitir la circulación del aire, para lo cual en el diseño se tienen que considerar ventilaciones en la parte superior e inferior del tabique perimetral, las que deben ser cubiertas con rejillas para evitar el ingreso de insectos o roedores a esta zona.

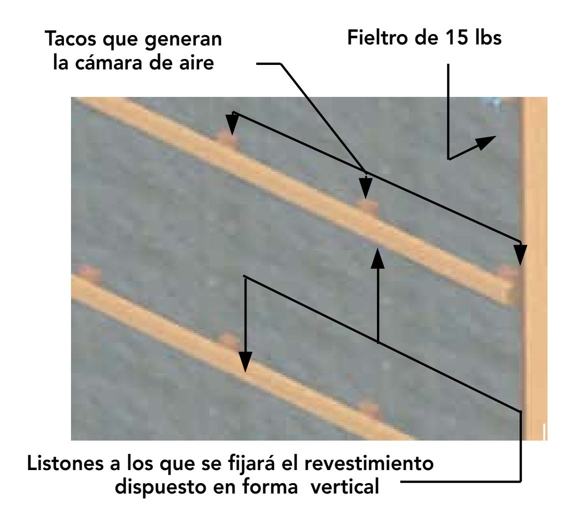


Figura 18 - 40: Preparación del tabique para recibir revestimiento vertical, dejando cámara de aire.

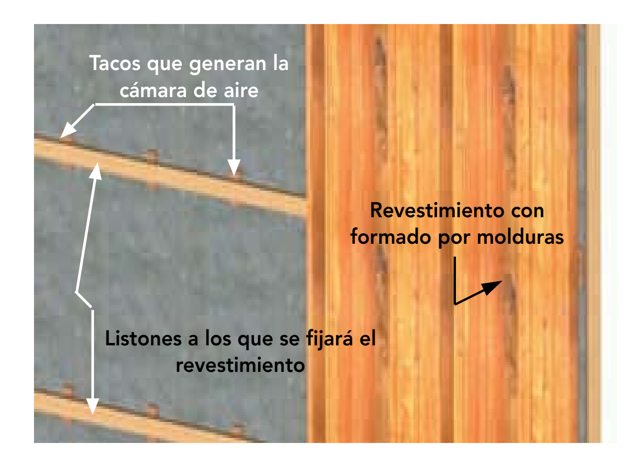


Figura 18 - 41: Instalación del revestimiento dispuesto en forma vertical sobre listones que generan la cámara de aire.

b) Tabiques no ventilados

Por tabique no ventilado se entenderá aquel que no deja circular aire entre la cara posterior del revestimiento y el fieltro asfáltico de 15 lbs, que va sobre el entramado resistente, es decir, se fija directamente sobre éste.

Este tipo de tabique es más fácil de solucionar, tanto en su diseño, esquinas y bordes, resultando más económico que el ventilado.

Como desventaja, presenta que si quedan filtraciones, se puede acumular humedad entre el revestimiento y el fieltro, afectando la durabilidad de éste o de la estructura.

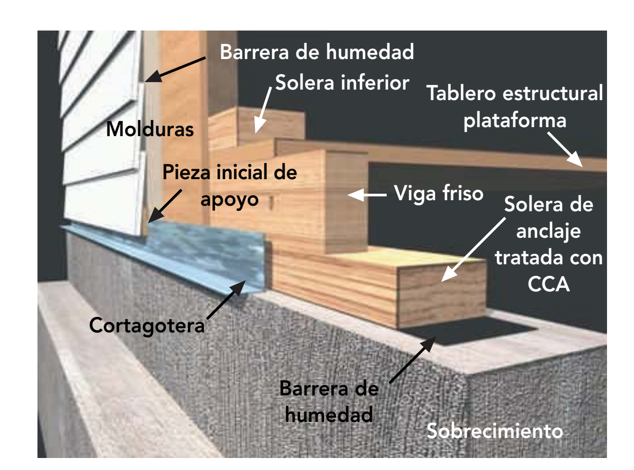


Figura 18 - 42: Solución de revestimiento no ventilado, donde las molduras van apoyadas sobre el fieltro de 15 lbs y fijadas directamente a la placa arriostrante del tabique.

18.5.4 Fijación de los revestimientos

Se deben utilizar clavos o tornillos protegidos contra la corrosión, según especificaciones técnicas, cuidando de no rehundirlos ni de generar grietas en la moldura, esto, para evitar tanto el ingreso de la humedad a zonas no protegidas o no tratadas de la moldura, como para que la película protectora de barniz o pintura no sea dañada.

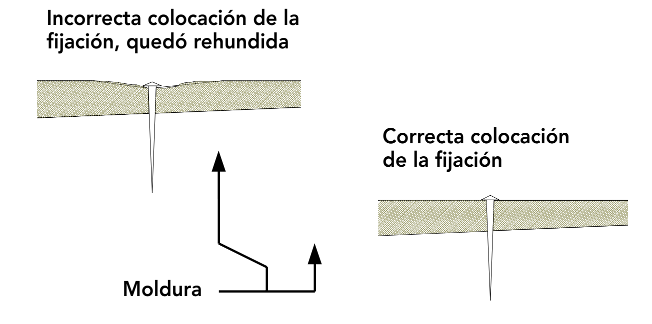


Figura 18 - 43: Colocación de los clavos para fijar los revestimientos.

La instalación de las molduras debe permitir su variación de volumen, sin que éstas se dañen al captar o ceder humedad. Esto significa considerar en el diseño una disposición de las molduras que permita su dilatación (separación entre ellas), y que en su fijación no se atraviese a dos molduras que requieran moverse de manera independiente (Figura 18-38).

Las fijaciones deben estar distanciadas de los bordes lo suficiente para no provocar agrietamientos en la madera. A modo de recomendación, esta distancia puede ser de 25 mm, pero en definitiva dependerá del tipo de madera que se esté utilizando. En algunos casos se deberán hacer perforaciones guías con taladro, previo a la colocación de la fijación.

Cuando no exista tablero estructural arriostrante, las molduras se deben fijar a cada pie derecho si van dispuestas en forma horizontal, o a cadenetas si van dispuestas en forma vertical. En cualquiera de las dos situaciones, la distancia máxima entre apoyos es de 400 mm.

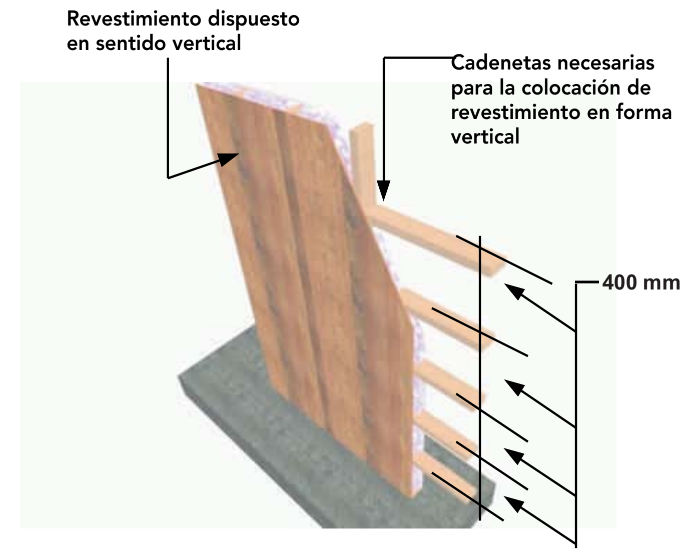


Figura 18 - 44: Clavado del revestimiento cada 400 mm, tanto en sentido vertical como horizontal.

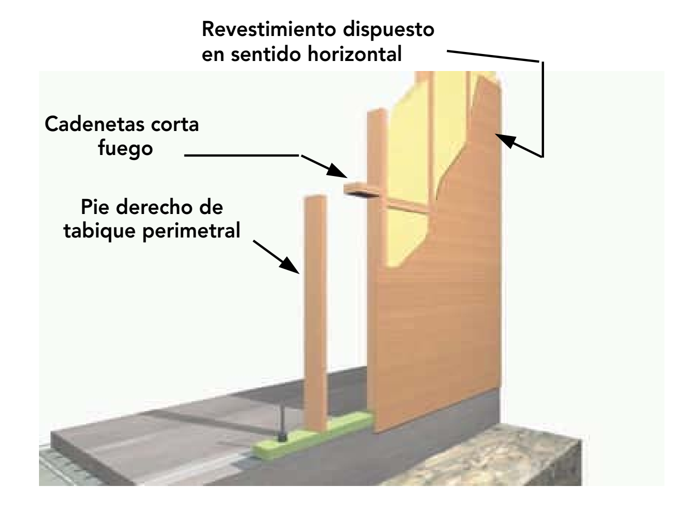


Figura 18 - 45: Fijación de las molduras en sentido horizontal a los pie derecho de la estructura de los tabiques soportantes perimetrales.

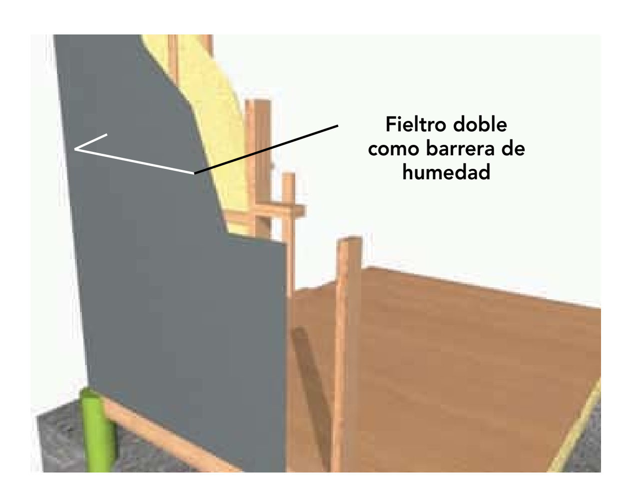


Figura 18 - 46: Se recomienda colocar doble capa de barrera de humedad traslapada antes de colocar el revestimiento.

Los tableros se fijan siguiendo el patrón de un tablero estructural (Capitulo II, Unidad N° 10, Entramados verticales).

A continuación, se muestran distintos tipos de revestimientos con la proposición para la ubicación de las fijaciones.

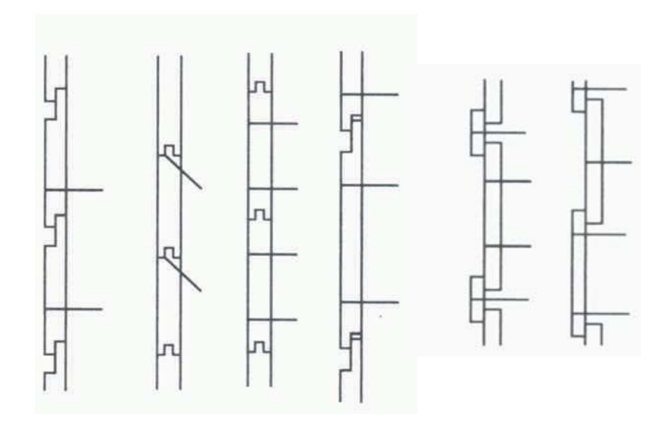


Figura 18 - 47: Fijaciones para revestimientos dispuestos en sentido vertical (corte en planta).

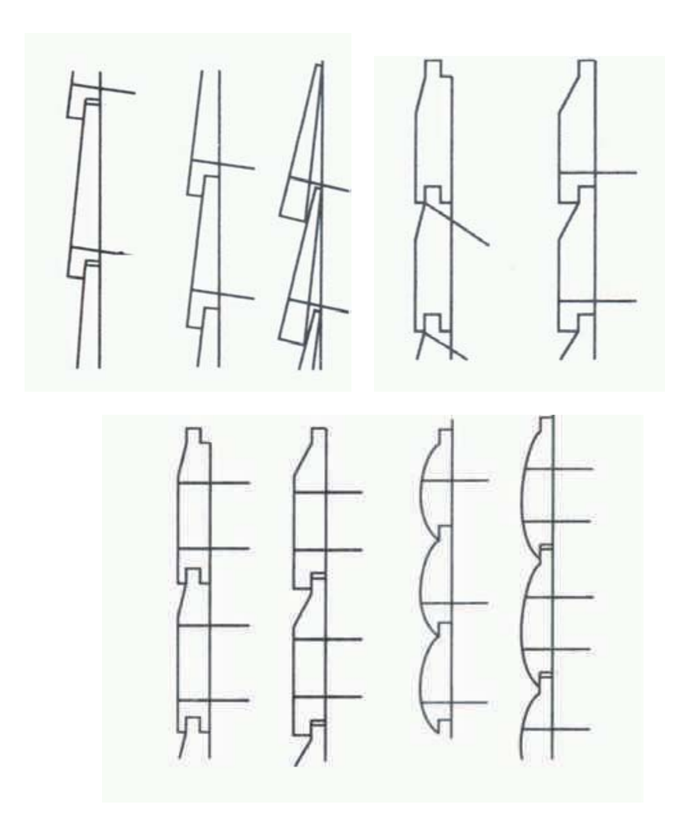


Figura 18 - 48: Fijaciones para revestimientos dispuestos en sentido vertical (corte lateral).

18.6 PROTECCIÓN Y MANTENCIÓN DEL REVESTIMIENTO DE MADERA

Como se dijo en el Capitulo I, Unidad 2, la madera utilizada como revestimiento exterior debe ser tratada o protegida contra agentes bióticos y abióticos. De esta forma se reduce el deterioro de la misma y se mantiene el aspecto deseado para la vivienda.

Especial cuidado se debe tener en proteger los cortes que se hagan a la madera, sobre todo en los bordes inferiores, ya que dejará expuesta madera sin protección, debiendo considerar siempre proteger esas zonas. Se debe realizar una mantención periódica del revestimiento (la periodicidad dada por el fabricante dependerá del tipo de producto que se utilice, generalmente debe ser una vez al año), en la cual se renueva la capa protectora contra los agentes del medio ambiente (lluvia, sol, viento, calor y frío).

BIBLIOGRAFIA

- American Plywood Association, "Wood Reference Handbook", Canadian Wood Council, Canadá, 1986.

- Branz, "House Building Guide", Nueva Zelanda, 1998.

- Canada Mortgage and Housing Corporation, CMHC, "Woodframe Envelopes in the Coastal Climate of British Columbia", Publicado por CMHC, Canadá, 2001.

- Canada Mortgage and Housing Corporation, CMHC, "Manual de Construcción de Viviendas con Armadura de Madera – Canadá", Publicado por CMHC, Canadá, 1998.

- Goring, L.J; Fioc, LCG, "First-Fixing Carpentry Manual", Longman Group Limited, Inglaterra, 1983.

- Guzmán, E; "Curso Elemental de Edificación", 2° Edición, Publicación de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, Santiago, Chile, 1990.

- Hanono, M; "Construcción en Madera", CIMA Producciones Gráficas y Editoriales, Río Negro, Argentina, 2001.

- Heene, A; Schmitt, H, "Tratado de Construcción", 7° Edición Ampliada, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.

- Hempel, R; "Revestimientos Exteriores en Madera" Cuaderno N°4, Universidad del Bío-Bío, Editorial Campus Chillán, Concepción, Chile.

- Jiménez, F; Vignote, S, "Tecnología de la Madera", 2° Edición, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría General Técnica Centro de Publicaciones, Madrid, España, 2000.

- Lewis, G; Vogt, F, "Carpentry", 3° Edición, Delmar Thomson Learning, Inc., Nueva York, EE.UU., 2001.

- Millar, J; "Casas de Madera", 1° Edición, Editorial Blume, Barcelona, España, 1998.

- Neufert, E; "Arte de Proyectar en Arquitectura", 14° Edición, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.

- Primiano, J; "Curso Práctico de Edificación con Madera", Editorial Construcciones Sudamericanas, Buenos Aires, Argentina, 1998.

- Reader´s Digest, "New Complete do-it yourself Manual", Canadá, 1991.

- Saelzer, G; "Tejuelas en Cubiertas y en Paramentos Verticales" Cuaderno N°2, Universidad del Bío-Bío, Editorial Aníbal Pinto S.A, Concepción, Chile.

- Spence, W; "Residencial Framing", Sterling Publishing Company, Inc., Nueva York, EE.UU., 1993.

- Stungo, N; "Arquitectura en Madera", Editorial Naturart S.A Blume, Barcelona, España, 1999.

- Thallon, R; "Graphic Guide to Frame Construction Details for Builder and Designers", The Taunton Press, Canadá, 1991.

- Villasuso, B; "La Madera en la Arquitectura", Editorial "El Ateneo" Pedro García S.A, Buenos Aires, Argentina, 1997.

- Wagner, J, "House Framing", Creative Homeowner, Nueva Jersey, EE.UU., 1998.

- www.creativehomeowner.com (The life style publisher for home and garden).

- www.citw.org (Canadian Institute of Treated Wood).

- www.inn.cl (Instituto Nacional de Normalización).

- www.durable-wood.com (Wood Durability Web Site).

- www.pestworld.org (National Pest Management Association).

- www.fpl.fs.fed.us (Forest Products Laboratory U.S. Department of Agriculture Forest Service).

- www.forintek.ca (Forintek Canada Corp.).

- www.preservedwood.com (American Wood Preservers Institute).

- NCh 173 Of.74 Madera – Terminología General.

- NCh 174 Of.85 Maderas – Unidades empleadas, dimensiones nominales, tolerancias y especificaciones.

- NCh 177 Of.73 Madera - Planchas de fibras de madera. Especificaciones.

- NCh 724 Of.79 Paneles a base de madera. Tableros. Vocabulario.

- NCh 760 Of.73 Madera – Tableros de partículas. Especificaciones.

- NCh 789/1 Of.87 Maderas – Parte 1: Clasificación de maderas comerciales por su durabilidad natural.

- NCh 806 Arquitectura y construcción – Paneles prefabricados – Clasificación y requisitos.

- NCh 993 Of.72 Madera- Procedimiento y criterios de evaluación para clasificación.

- NCh 1989 Of.86 Mod.1988 Madera – Agrupamiento de especies madereras según su resistencia. Procedimiento.

- NCh 2100 Of 2003 Madera – Molduras – Designación y dimensiones.

- NCh 2824 Of 2003 Maderas – Pino radiata – Unidades, dimensiones y tolerancias.


CORPORACION CHILENA DE LA MADERA
CORMA
CHILE PAIS FORESTAL

Unidad 19

SOLUCION DE REVESTIMIENTO DE CIELO Y PARAMENTOS INTERIORES



Centro de Transferencia Tecnológica

Unidad 19

Centro de Transferencia Tecnológica

UNIDAD 19

SOLUCION DE REVESTIMIENTO DE CIELO Y PARAMENTOS INTERIORES

19.1 GENERALIDADES

Protegida la vivienda de los agentes exteriores (humedad, polvo ambiental) y finalizada la obra gruesa, las instalaciones y aislaciones, se está en condiciones de dar inicio a las partidas de terminaciones interiores, que contemplan los revestimientos de cielo y de paramentos interiores.

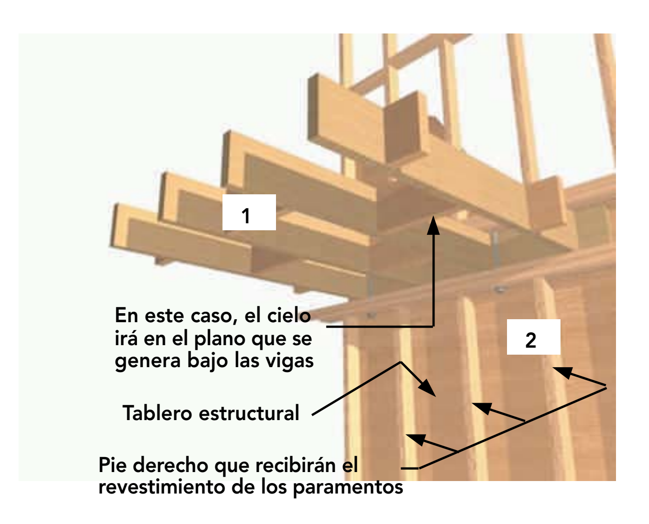


Figura 19-1: Estructura terminada en obra gruesa, en condiciones para la materialización de los revestimientos de cielos (1) y de muros (2).

Los revestimientos interiores pueden ser de diversos materiales como: yeso-cartón, madera, fibrocemento y cerámicos, entre otros. En su elección, se consideran aspectos estéticos, de mantención, costos, plazos de instalación y condiciones ambientales interiores de algunos recintos, como por ejemplo, revestimientos resistentes a la humedad (RH) en cocinas y baños, resistentes al fuego (RF), y/o que ayuden a la aislación acústica en determinadas condiciones (viviendas pareadas en primer o segundo piso).

Estos revestimientos interiores sirven como base para un acabado decorativo, el cual junto con dar la terminación definida por el proyecto, protege al revestimiento. Pueden ser productos como papel mural, pinturas de distintos tipos y barnices, entre otros.

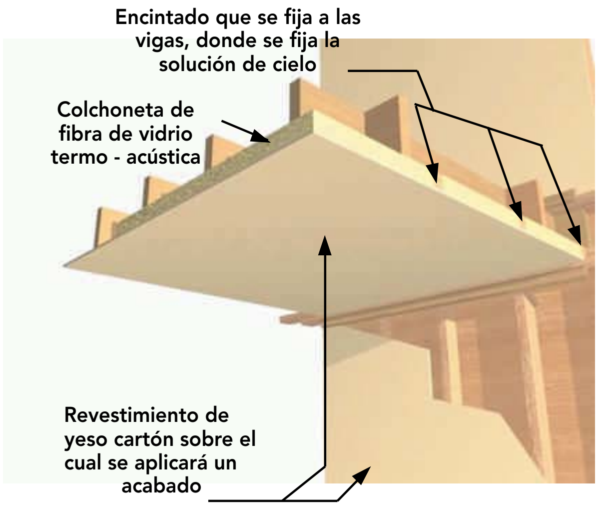


Figura 19-2 : Revestimiento de cielo y paramentos verticales en placa de yeso cartón sobre los cuales se aplicará un acabado.

En este manual se expondrá sólo lo referido a las consideraciones y aspectos relevantes en la instalación de los revestimientos de madera. Para las otras soluciones de revestimientos, se recomienda ceñirse a las indicaciones y consideraciones que se explican en los diferentes folletos y/o por el departamento técnico de los fabricantes o representantes de los diferentes revestimientos.

19.2 PREPARACIÓN DE LA BASE

Las bases que reciban los revestimientos de cielo y paramentos deben reunir ciertos requisitos:

- Contar con la estabilidad suficiente para resistir el peso del revestimiento y, particularmente en el caso de los paramentos (tabiques), soportar el roce o esfuerzos que eventualmente puedan ocurrir por instalación de muebles u otros elementos.

- Control geométrico de paramentos interiores, como igualmente del conjunto de elementos que conforman el entramado del segundo piso o del complejo de techumbre (solución de tijeral o cercha), de forma de asegurar las tolerancias especificadas por el proyecto y que no afecten la colocación y fijación de los revestimientos definidos por especificación.

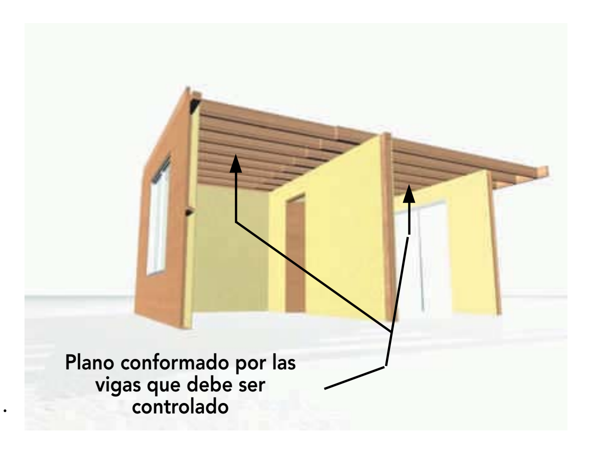


Figura 19 - 3: Plano que debe ser controlado previo a la colocación de la solución de cielo.

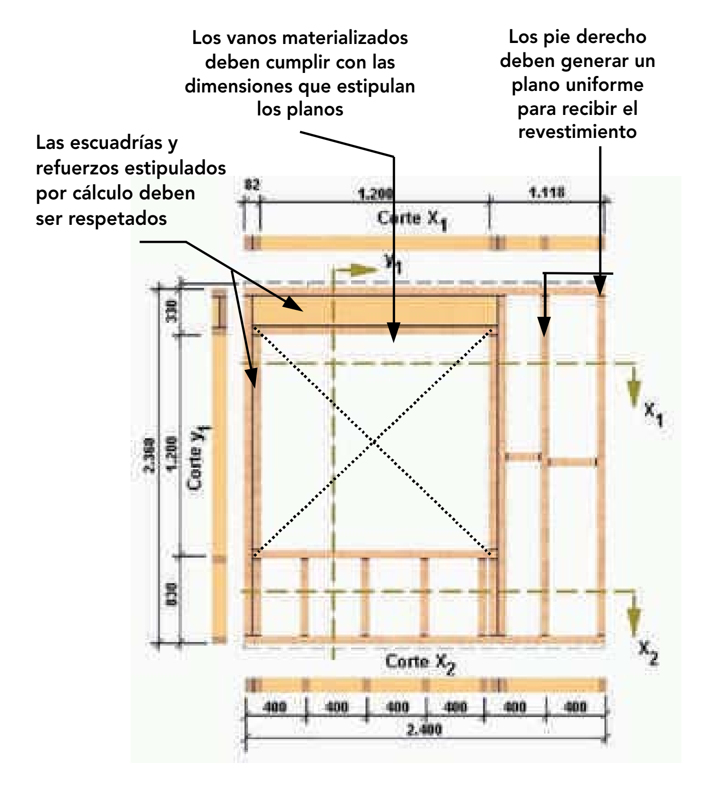


Figura 19-4: Se debe controlar que el tabique cumpla con lo estipulado en el plano. Controlar los vanos midiendo las diagonales (deben ser iguales).

- Control de la colocación de la barrera de vapor (polietileno de 0,2 mm), en paramentos y cielo, fijadas con corchetes o grampas a la estructura de los pie derecho de tabiques o encintado de cielo con traslape entre paños en 10 cm como mínimo, control de sellados de la barrera de vapor en puntos de pasadas por cajas de artefactos eléctricos (enchufes e interruptores).

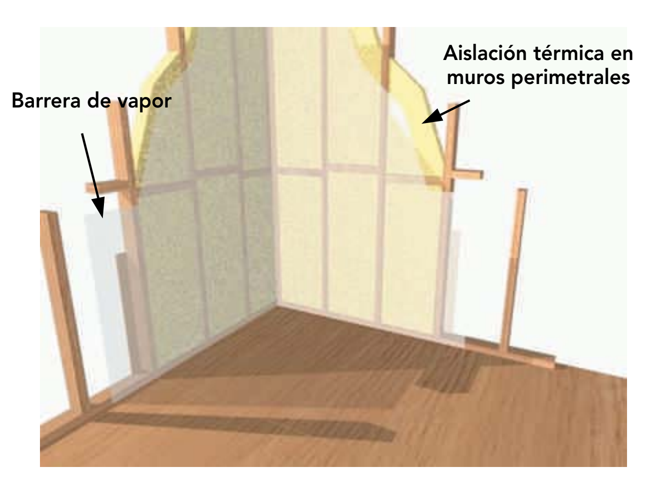


Figura 19-5: Barrera de vapor fijada a la estructura del tabique perimetral, luego de la colocación de la aislación térmica.

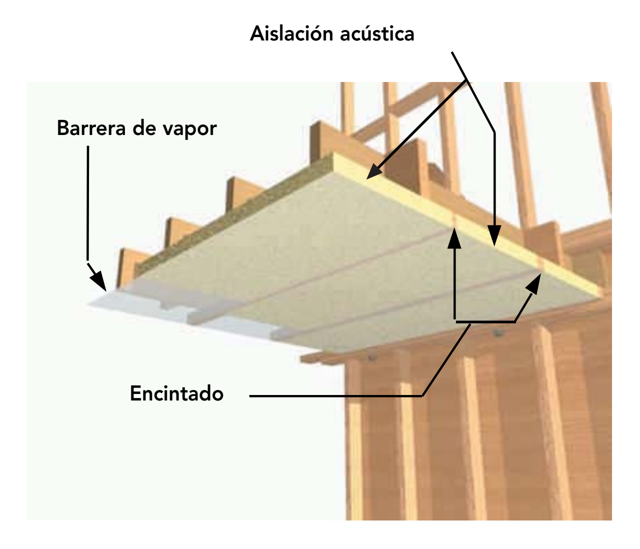


Figura 19-6: Ubicación de las barreras de vapor en cielo, bajo la aislación termo acústica, fijadas al encintado de piezas de 2"x 2", con corchetes o grampas cada 10 cm.

Se deben realizar controles como parte de la aplicación del plan de gestión de calidad, a través de las "Cartillas de Control" que se implementan para cada proyecto (Capítulo V, Unidad 23, Gestión de Calidad), lo que permite cuantificar y calificar los problemas en la ejecución de la partida que corresponda y proceder a su corrección cuando sea necesario.

19.3 INSTALACIÓN DEL REVESTIMIENTO

Controladas (corregidas) y aceptadas las bases, se procede a la instalación de los revestimientos.

19.3.1 Instalación de revestimientos en cielos

El cielo, de acuerdo al diseño y especificaciones o necesidades del recinto, se puede materializar básicamente de tres formas:

19.3.1.1 Cielo falso

Consiste en colgar de las vigas del entrepiso o tirantes del tijeral, un entramado de madera al cual se fija el revestimiento. Generalmente se especifica cuando se deben pasar ductos de gran diámetro de un recinto a otro (alcantarillado, renovador de aire, distribuidor de humedad y aire acondicionado, entre otros), lo que es posible en el espacio que queda entre el cielo y la estructura. En este caso se debe prever que la altura piso-cielo cumpla con el mínimo establecido en la ordenanza (2,35 m).

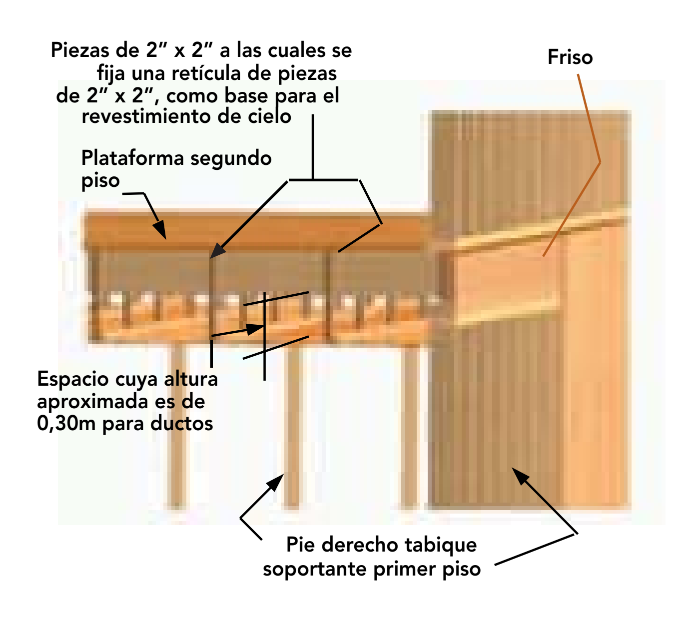


Figura 19-7: En este caso, el cielo especificado es mediante moldura machihembrada.

19.3.1.2 Vigas a la vista

Consiste en materializar entre las vigas del entrepiso, tirantes o pares de la techumbre, el revestimiento en base a tableros ranurados y molduras para cielo, o dejar a la vista el mismo tablero contrachapado estructural que arriostra la estructura de la techumbre o plataforma de segundo piso. Independiente del material que se especifique como solución de cielo, se debe considerar tanto para la techumbre como para el entramado de entrepiso, la solución de piso, aislación térmica y acústica según sea el caso.

Tablero contrachapado estructural arriostrante y que queda como solución de cielo

Vigas 2" x 10" que conforman el tijeral a la vista

Solución de cielo con revestimiento de yeso-cartón con acabado de pintura látex

Figura 19 - 8: Solución de cielo con viga a la vista.

19.3.1.2.1 Tableros como revestimiento de cielo en viga a la vista

Son tableros de madera contrachapada con una de sus caras con ranuras longitudinales que pueden ser rectas o en W. Cara libre de defectos, sin nudos, lijada y con una terminación que permite ser barnizada.

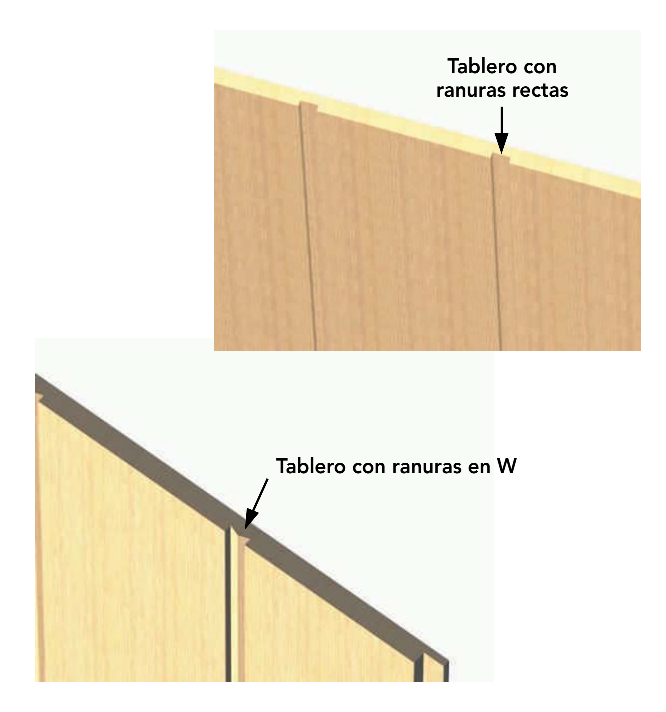


Figura 19 - 9: Tablero decorativo-estructural con diferentes diseños de machihembre que simulan molduras.

La trascara del tablero es lisa y puede presentar pequeñas imperfecciones como grietas, nudos muertos caídos, nudos fuertes, marcas leves de procesos, decoloración y manchas de la madera, lo que le impide quedar a la vista.

En los tableros ranurados, sus bordes permiten una unión lateral traslapada, lo que posibilita mantener el plano del cielo.

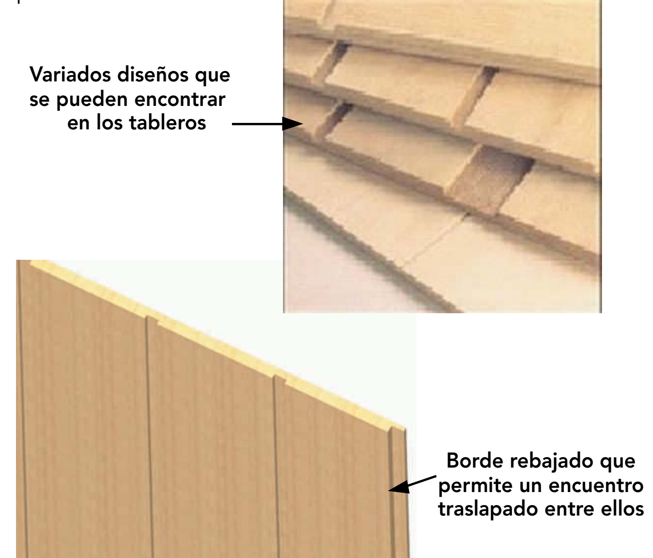


Figura 19-10: Detalle de los bordes de los tableros que no afectan el plano del cielo, manteniendo su diseño.

En el caso de los tableros cuyos bordes son rectos, su encuentro puede ser solucionado dejando una cantería a la vista de 2 a 3 mm entre tableros o colocando listones sobre dichas canterías.

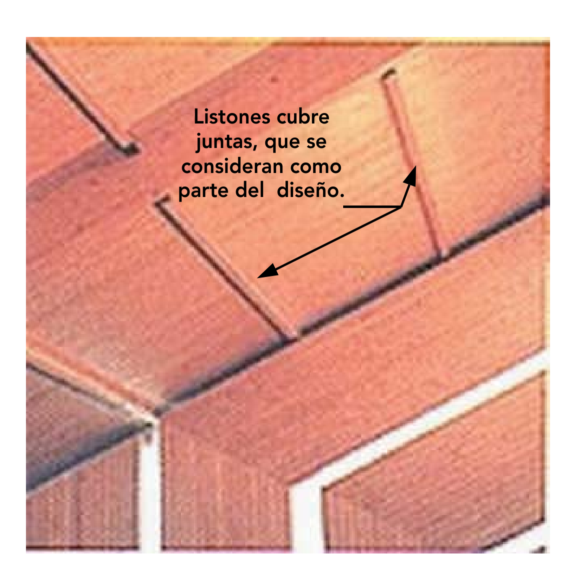


Figura 19 - 11: Listones que cubren el encuentro entre tableros lisos.

Para la fijación de los tableros, se utilizan clavos, tornillos o grapas que lo asegurarán sin posibilidad de rasgarlo, inclusive cerca de sus bordes. Las fijaciones deberán ser dispuestas cada 15 cm en el perímetro y cada 30 cm en el interior, asegurándolas al envigado. En caso de usar corchetes, se recomienda complementar esta fijación con adhesivos para madera del tipo usado para montajes.

Se recomienda siempre contar con la asesoría del departamento técnico del fabricante del revestimiento.



Figura 19 - 12: Molduras machihembradas con cantería rebajada como revestimiento de cielo.

19.3.1.2.2 Molduras como revestimiento de cielo en viga a la vista

En un entramado horizontal o inclinado conformado por vigas secundarias o pares, distanciadas 0,40 a 0,60 m, el revestimiento del cielo se puede materializar de dos formas:

- Fijando las molduras en forma perpendicular a las vigas secundarias, sobre el entramado horizontal (en-trepiso) o entramado inclinado (solución de techum-bre con vigas, tirantes, pares), cuidando que los en-cuentros de las uniones longitudinales queden ocultos, como se observa en la Figura 19-13.

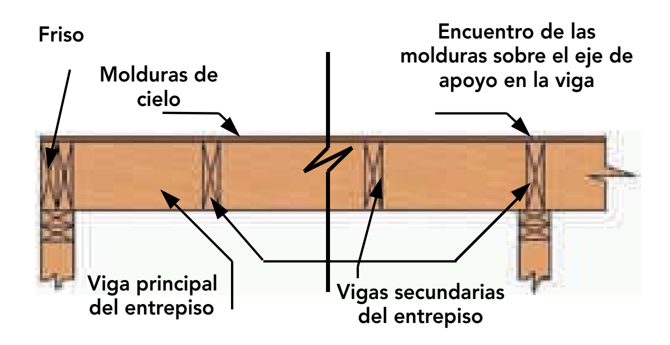


Figura 19-13: Corte de entrepiso que muestra las molduras apoyadas y fijadas sobre el envigado, quedando las vigas a la vista. Sobre éstas se debe considerar la base para la solución de pavimento y aislación acústica.

- Fijando listones cepillados, secos en cámara (humedad del 12%) a las vigas secundarias o solución de techumbre, a las cuales se fijarán en forma per-pendicular las molduras.

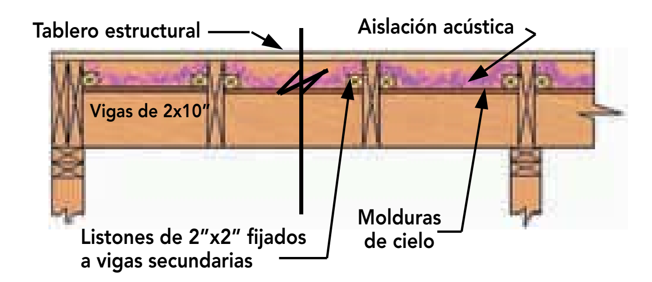


Figura 19-14: Corte de entrepiso que muestra las molduras fijadas a listones, quedando las vigas a la vista.

19.3.1.3 Cielo bajo entramado

Generalmente este cielo se materializa con molduras. En caso de hacerlo con tableros, se requieren consideraciones especiales en su fijación que impidan futuras deformaciones, para lo cual se debe consultar al departamento técnico del fabricante y ceñirse rigu-rosamente a sus indicaciones.

19.3.1.3.1 Preparación de la base

Para la solución de cielo con molduras, se debe instalar un listoneado de madera cepillada, seca en cámara (contenido máximo de humedad de 12%), de escuadría mínima de 2" x 2" bajo los elementos del entramado (vigas del entrepiso, tirantes del tijeral, entramado de cielo o pares), perpendicular a él y cada 400 mm a 600 mm (dependiendo del espesor de la moldura especificada), a la cual se fijará el revestimiento de cielo.

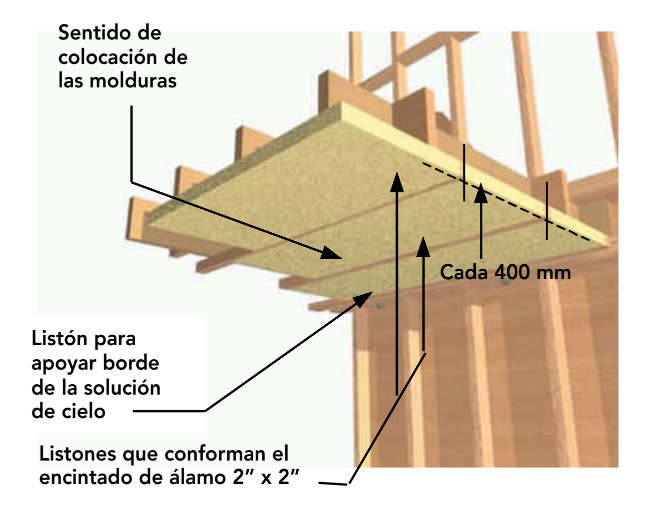


Figura 19-15: Ubicación de los listones que conformarán el encintado.

Es normal que si no se previó un plazo adecuado (dependiendo de la humedad relativa y temperatura del lugar) para la estabilización de las vigas, éstas presenten una variación de algunos milímetros en su sección al ser puestas en servicio. Esto hace necesario, previo a la instalación de los listones, controlar que la cara de los elementos que la recibirán pertenezcan a un plano, aceptando una tolerancia de ±1 mm. Si se encuentra fuera de dicho valor, es necesario desbastar o suplir los elementos que sean necesarios, con el fin de lograr que el encintado que recibirá las molduras del cielo forme un solo plano horizontal.

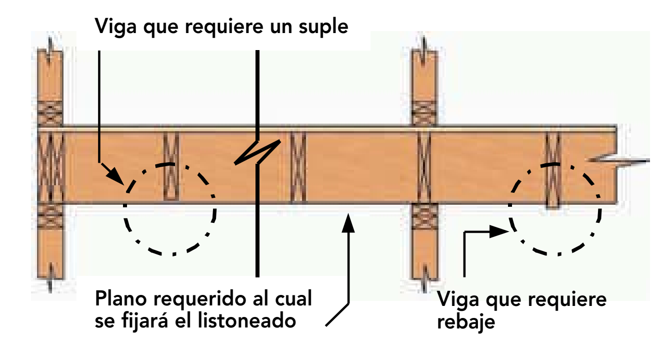


Figura 19-16: Corte de la plataforma donde se aprecia viga que requiere rebaje y viga que requiere de suplido.

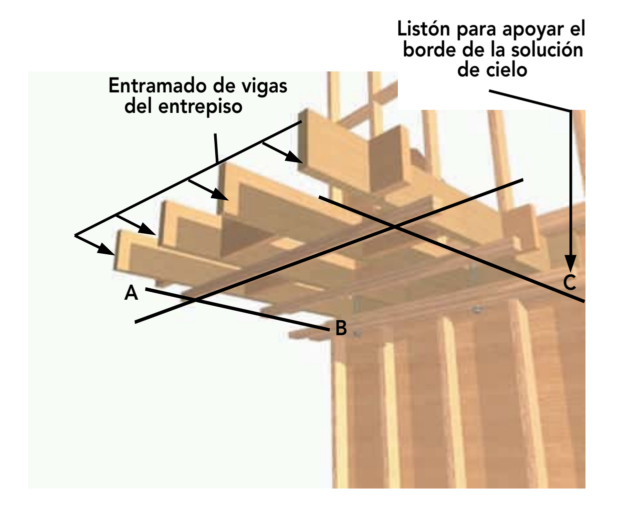


Figura 19 - 17: Las tres rectas (A, B y C) pertenecen al plano horizontal determinado por el listoneado.

En el encuentro de cielo y muro se debe considerar un listón perimetral (2" x 2") de inicio o término para dar apoyo a las molduras en los dos sentidos de colocación.

19.3.1.3.2 Instalación de molduras como solución de revestimiento de cielo

El revestimiento está conformado por piezas de madera seca cepillada con contenido de humedad no superior al 12%, denominadas molduras. Sus bordes son machihembrados y tienen distintos perfiles (según norma NCh2100, se entenderá como perfil a la sección transversal de una moldura), diferenciándose unos de otros básicamente en sus dimensiones.

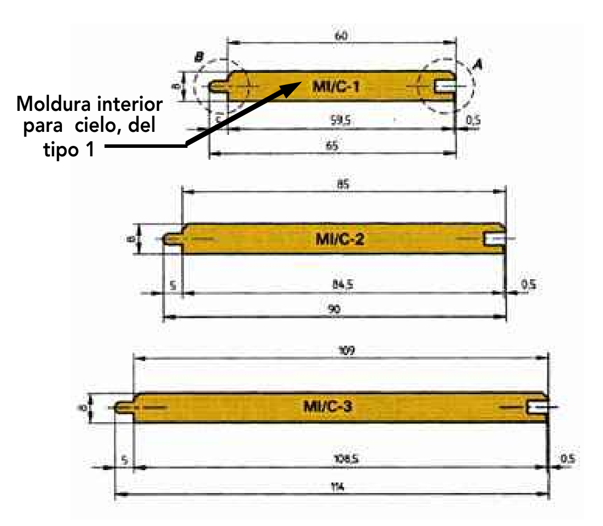


Figura 19-18: Ejemplo de las molduras machihembradas para cielo que define la norma NCh2100.

Con la base recepcionada conforme, se procede a la colocación de las molduras.

La primera pieza que se coloca servirá de guía para las demás, por lo que se debe controlar su alineación con respecto al muro. Para su fijación, se utilizan clavos de 1" colocados en el lado con pestaña.



Figura 19-19: Corte que muestra la ubicación del clavo para fijar la moldura cuidando de no dañar el canto que quedará visible.

Las siguientes piezas se instalan calzando el lado que tiene el acanalado del machihembrado en la pestaña de la pieza ya instalada, ayudado con un taco de madera (40 a 50 cm de largo), que permite ajustar la pieza golpeándola suavemente con un martillo en varios puntos a lo largo de ella.

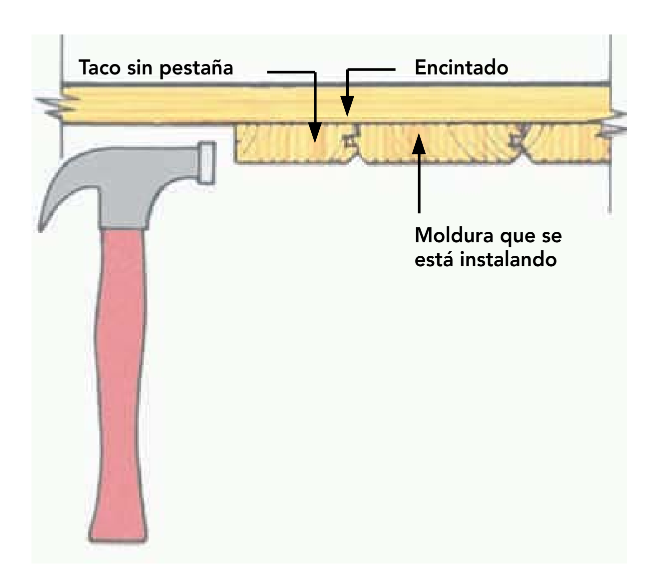


Figura 19-20: Corte de cielo donde se muestra cómo se debe asegurar un calce ajustado entre las piezas que conforman la solución de cielo.

Para la fijación del revestimiento, además de los clavos, se puede reforzar con adhesivo para madera.

Cuando el diseño especifica que el revestimiento tenga uniones longitudinales, se recomienda alternar los cortes, los que deben estar a escuadra para evitar que queden espacios entre tablas.

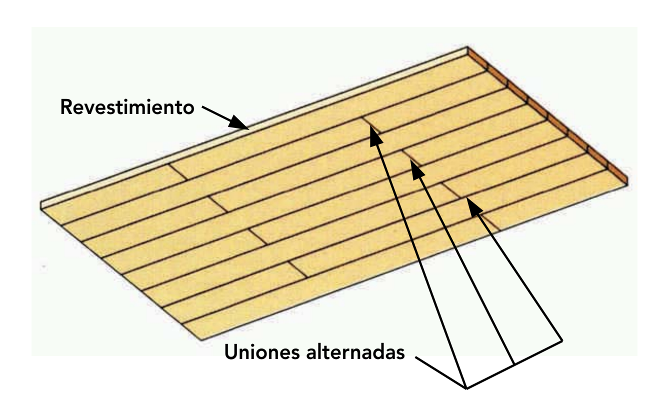


Figura 19-21: Solución del revestimiento de cielo con entablado, alternando los cortes por razón estética.

Colocado el revestimiento de cielo, se le aplica un acabado (barniz u otro), según las especificaciones.

19.3.2 Instalación de revestimiento en paramentos interiores

Los revestimientos de paramentos interiores pueden ser tableros o molduras, cepillados y secos (con 12% como contenido máximo de humedad), los que normalmente requieren de un acabado protector (pinturas o barnices).

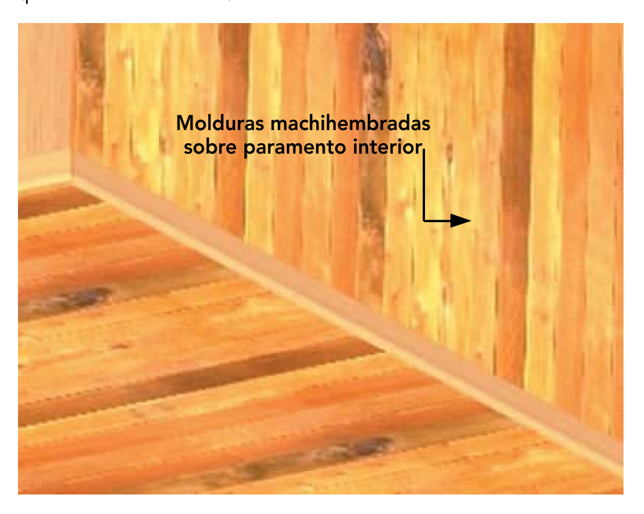


Figura 19 - 22: Revestimiento de paramentos interiores con molduras.

Previo a su instalación, se debe controlar que la base o cara de los elementos que recibirán el revestimiento pertenezcan a un plano, aceptándose una tolerancia de ±1mm. En caso de estar fuera de tolerancia, es necesario desbastar o suplir los elementos que correspondan, con el fin de lograr que los pie derecho generen el plano requerido.

19.3.2.1 Revestimiento de paramentos interiores con placas de madera

Existen generalmente dos opciones de tableros para ser utilizados como revestimiento:

- **Tableros contrachapados**
  Para la instalación de tableros contrachapados, las fijaciones podrán ser clavos, tornillos o corchetes. En este último caso, se recomienda utilizar además un adhesivo para maderas.

  Los encuentros entre tableros deben quedar sobre un pie derecho.

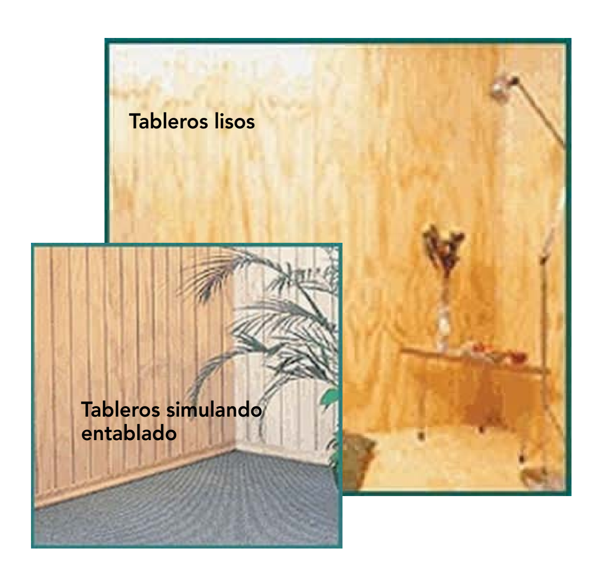


Figura 19 - 23: *Revestimiento con tableros contrachapados.*

- **Tableros de fibras de madera prensada a altas temperaturas**

  Los tableros de fibras de madera prensada, que pueden tener una de sus caras laqueadas, requieren de una superficie lisa, seca y limpia para su colocación.

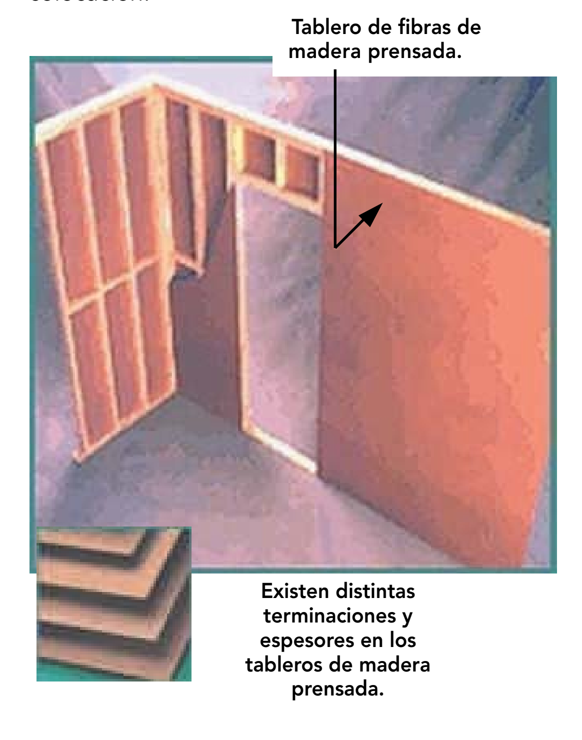


Figura 19 - 24: *Revestimiento con paneles de madera prensada.*

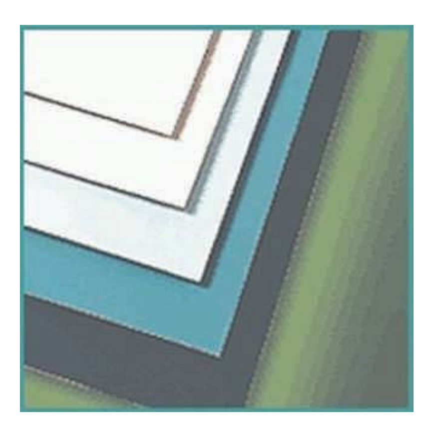


Figura 19-25: *Tableros de madera prensada, mostrando la cara laqueada.*

Previo a la colocación de los tableros, deben haber estado con la trascara húmeda por 24 horas. Para ello, el día anterior se moja suavemente y restriega con una escobilla ayudando a que haya una buena penetración, pero cuidando que el agua no escurra por los bordes. Las planchas se almacenan hasta el día siguiente, juntándolas por el reverso y colocando papel humedecido entremedio para preservar la humedad. La razón es que la humedad con que sale el tablero de la fábrica es de alrededor del 6%, por lo que se debe acelerar el proceso para alcanzar la humedad de equilibrio de la zona donde será utilizado. En caso de existir humedad superficial a la hora de colocarlo, se debe dejar orear a la sombra.

Para su fijación se pueden utilizar:

- **Adhesivos:** para lo cual se deben seguir las instrucciones del fabricante.

- **Elementos de fijación mecánica:** clavos corrientes que penetren por lo menos 1" en los apoyos; también tornillos de cabeza redonda, que al igual que los clavos, penetren al menos 1" en los apoyos, y grapas o remaches. Estos irán distanciados 10 cm en el perímetro y 20 cm al interior, evitando clavar al menos 1 cm del borde. Su fijación se inicia desde el centro hacia el exterior. Los tornillos requerirán que, previo a su colocación, se perforen los paneles en los lugares que corresponden a cada uno. En caso de usar tornillos de cabeza plana, se deberá avellanar las perforaciones.

19.3.2.2 Revestimiento de paramentos interiores con molduras

La madera utilizada como revestimiento, denominada moldura, debe ser cepillada y seca (contenido máximo de humedad del 12%), según la norma NCh2100. Estas molduras son machihembradas y tienen distintos perfiles como se observa en la **Figura 19-26.**

El plan de gestión de calidad además de incluir los controles geométricos, de estabilidad y de la aislación del tabique donde corresponda, exige que el revestimiento considere los elementos suficientes para su fijación, dispuestos según sea el sentido que el proyecto estipule para las molduras.

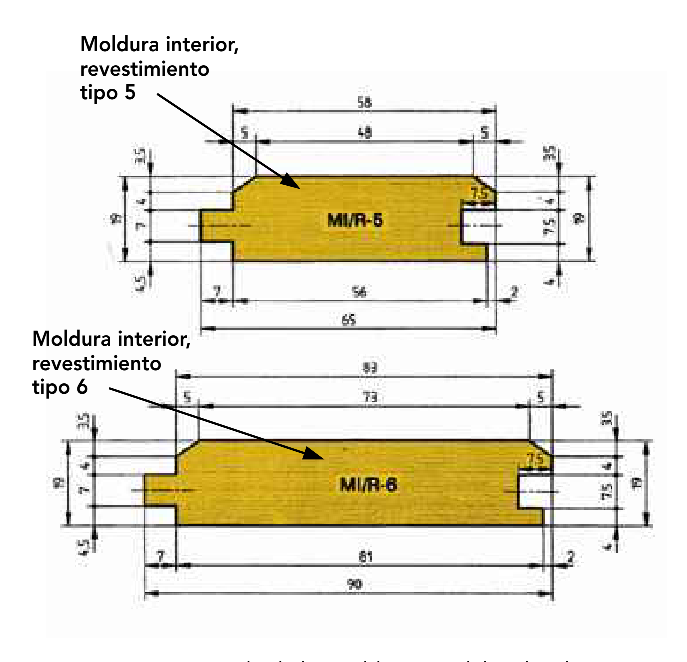


Figura 19-26: Ejemplo de las molduras machihembradas para muros que define la norma NCh2100.

Si se especifica que el revestimiento va en sentido horizontal, se fija directamente a los pie derecho que deben estar a una distancia máxima de 0,6 m.

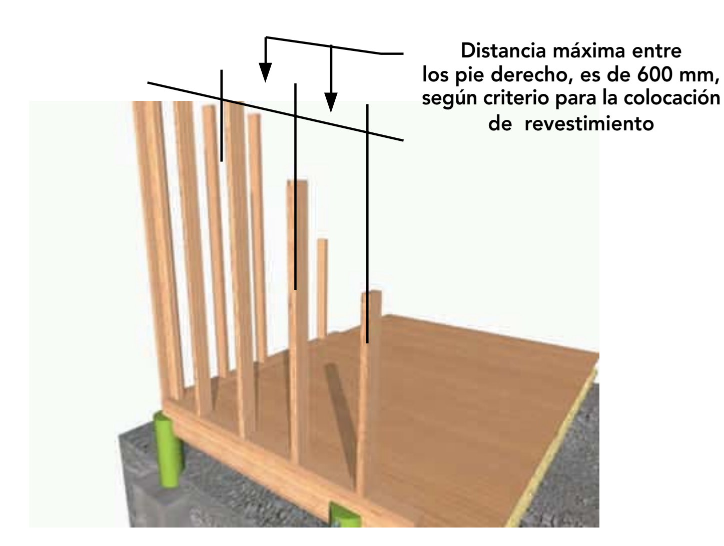


Figura 19 - 27: Elementos necesarios para la instalación del revestimiento de muro dispuesto en sentido horizontal.

La colocación de las molduras se debe iniciar de abajo hacia arriba, con el lado acanalado de la moldura hacia abajo. En su fijación se utilizan puntas de $1\,^{1}/_{4}$", las que se colocan por el lado de la pestaña, evitando que queden a la vista. Se debe cuidar de no dañar la madera al clavar, sobre todo la que quedará a la vista.

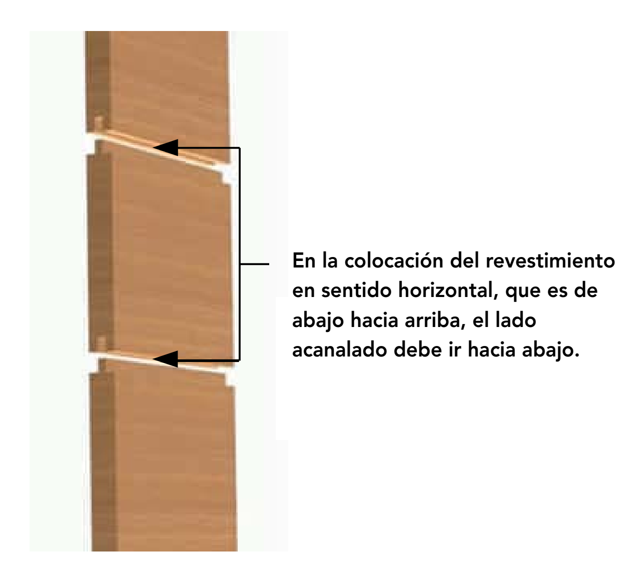


Figura 19 - 28: Secuencia de la colocación de molduras como revestimiento de paramento.

Si las molduras se especifican en forma vertical o inclinada, se colocarán cadenetas entre los pie derecho cada 600 mm máximo, cumpliendo con las exigencias geométricas y estructurales.

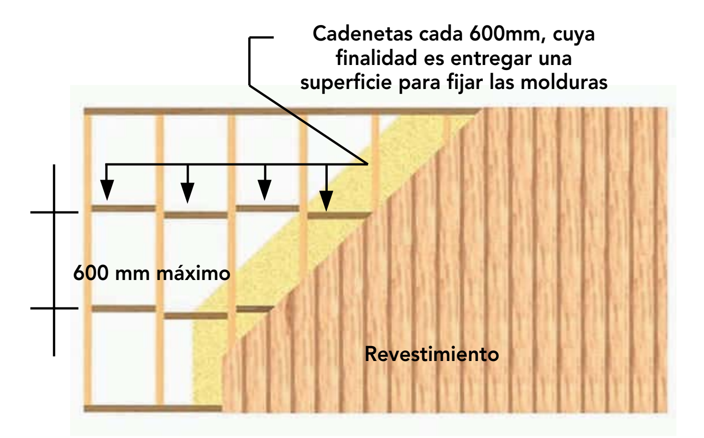


Figura 19 - 29: Disposición vertical del revestimiento.

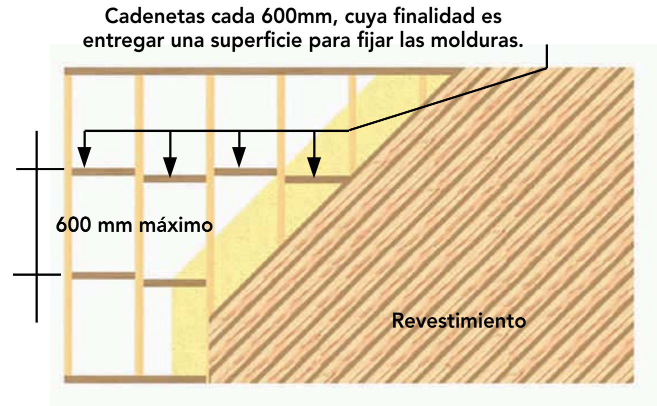


Figura 19 - 30: Disposición oblicua del revestimiento.

La instalación debe iniciarse desde una esquina, dejando la pestaña del machihembrado hacia fuera y siguiendo las mismas consideraciones que se dieron para la fijación del revestimiento de forma horizontal.

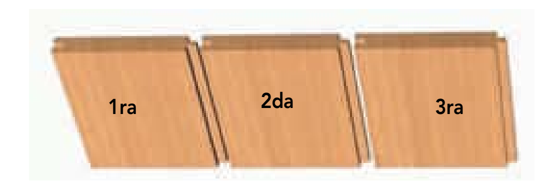


Figura 19 - 31: Secuencia en la instalación de molduras dispuestas en forma vertical.

Independiente de la disposición del revestimiento, es necesario dejar juntas de dilatación entre molduras y en los encuentros de muro, para permitir la deformación del revestimiento por los aumentos de temperatura que se susciten en el interior.

La primera pieza que se coloca será guía para el resto, por lo que el control de su horizontalidad o verticalidad con el nivel de mano debe ser riguroso.

Las siguientes piezas se instalan calzando el lado que tiene el acanalado del machihembrado en la pestaña de la pieza ya instalada, ayudado con un taco de madera (40 a 50 cm de largo), que permite ajustar la pieza golpeándola suavemente con un martillo en varios puntos a lo largo de la pieza que se desea instalar.



Figura 19 - 32: Corte de tabique donde se muestra taco que ayuda a asegurar el calce entre las molduras machihembradas.

Una vez instalado el revestimiento se debe aplicar un acabado (barniz u otro), siguiendo las indicaciones entregadas a través de un folleto y/o el departamento técnico del fabricante o representante.

BIBLIOGRAFIA

- American Plywood Association, "Wood Reference Handbook", Canadian Wood Council, Canadá, 1986.
- Branz, "House Building Guide", Nueva Zelanda, 1998.
- Canada Mortgage and Housing Corporation, CMHC, "Manual de Construcción de Viviendas con Armadura de Madera – Canadá", Publicado por CMHC, Canadá, 1998.
- Jiménez, F; Vignote, S, "Tecnología de la Madera", 2° Edición, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría General Técnica Centro de Publicaciones, Madrid, España, 2000.
- Goring, L.J; Fioc, LCG, "First-Fixing Carpentry Manual", Longman Group Limited, Inglaterra, 1983.
- Guzmán, E; "Curso Elemental de Edificación", 2° Edición, Publicación de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, Santiago, Chile, 1990.
- Hanono, M; "Construcción en Madera", CIMA Producciones Gráficas y Editoriales, Río Negro, Argentina, 2001.
- Heene, A; Schmitt, H, "Tratado de Construcción", 7° Edición Ampliada, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.
- Lewis, G; Vogt, F, "Carpentry", 3° Edición, Delmar Thomson Learning, Inc., Nueva York, EE.UU., 2001.
- Millar, J; "Casas de Madera", 1° Edición, Editorial Blume, Barcelona, España, 1998.
- Neufert, E; "Arte de Proyectar en Arquitectura", 14° Edición, Editorial Gustavo Gili S.A., Barcelona, España, 1998.
- Primiano, J; "Curso Práctico de Edificación con Madera", Editorial Construcciones Sudamericanas, Buenos Aires, Argentina, 1998.
- Reader´s Digest, "New Complete do-it yourself Manual", Canadá, 1991.
- Spence, W; "Residencial Framing", Sterling Publishing Company, Inc., Nueva York, EE.UU., 1993.
- Stungo, N; "Arquitectura en Madera", Editorial Naturart S.A Blume, Barcelona, España, 1999.
- Thallon, R; "Graphic Guide to Frame Construction Details for Builder and Designers", The Taunton Press, Canadá, 1991.
- Villasuso, B; "La Madera en la Arquitectura", Editorial "El Ateneo" Pedro García S.A., Buenos Aires, Argentina, 1997.
- Wagner, J; "House Framing", Creative Homeowner, Nueva Jersey, EE.UU., 1998.
- www.citw.org (Canadian Institute of Treated Wood).
- www.creativehomeowner.com (The life style publisher for home and garden).
- www.durable-wood.com (Wood Durability Web Site).
- www.inn.cl (Instituto Nacional de Normalización).
- www.fpl.fs.fed.us (Forest Products Laboratory U.S. Department of Agriculture Forest Service).
- www.forintek.ca (Forintek Canada Corp.).
- www.pestworld.org (National Pest Management Association).
- www.preservedwood.com (American Wood Preservers Institute).
- NCh 173 Of.74 Madera – Terminología General.
- NCh 174 Of.85 Maderas – Unidades empleadas, dimensiones nominales, tolerancias y especificaciones.
- NCh 176 Determinación de humedad, encogimiento, hinchamiento y densidad de la madera.
- NCh 177 Of.73 Madera - Planchas de fibras de madera. Especificaciones.
- NCh 178 Of.79 Madera aserrada de pino insigne clasificación por aspecto.
- NCh 724 Of.79 Paneles a base de madera. Tableros. Vocabulario.
- NCh 760 Of.73 Madera – Tableros de partículas. Especificaciones.
- NCh 992 E Of.74 Madera - Defectos a considerar en la clasificación, terminología y métodos de medición.
- NCh 993 Of.72 Madera- Procedimiento y criterios de evaluación para clasificación.
- NCh 2100 Of 2003 Madera – Molduras – Designación y dimensiones.
- NCh 2824 Of 2003 Maderas – Pino radiata– Unidades, dimensiones y tolerancias.


CORPORACION CHILENA DE LA MADERA
CORMA
CHILE PAIS FORESTAL

Unidad 20

REVESTIMIENTOS DE MADERA COMO SOLUCION DE PISO

Centro de Transferencia Tecnológica



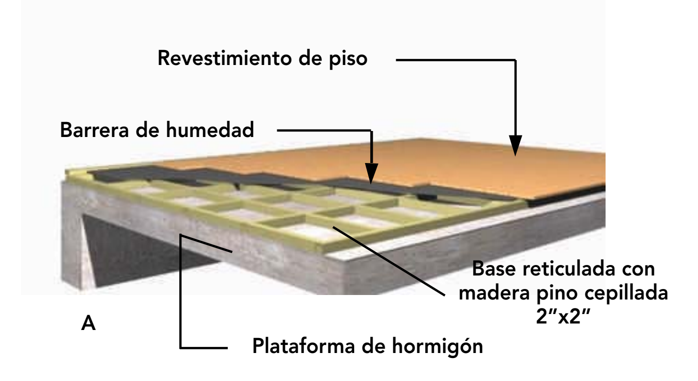
Unidad 20

UNIDAD 20

REVESTIMIENTOS DE MADERA COMO SOLUCION DE PISO

20.1 GENERALIDADES

Las plataformas de piso o de entrepiso de una vivienda unifamiliar requieren ser revestidas, sean de hormigón o madera. La finalidad de este revestimiento es entregar una superficie terminada para los diferentes recintos (baño, cocina, dormitorios) que ofrezca un tránsito seguro y proteger la base que conforma la plataforma, así como entregar una terminación decorativa adecuada con diferentes materiales.



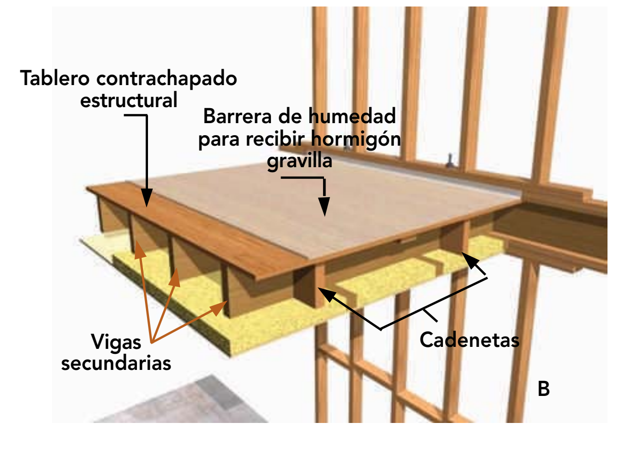


Figura 20-1: (A) Soluciones de plataformas de piso (hormigón) y (B) de entrepiso de estructura de madera con solución acústica, superficies con revestimiento de piso, según sea el caso.

En el mercado existe una gran variedad de revestimientos para pisos como cerámicos, plásticos, tejidos (de lana, fibra acrílica y otras), madera, etc., cada uno con sus especificaciones y características, según sean los requerimientos para los distintos recintos de la vivienda, (recintos de gran tránsito como estar y pasillos y de ambientes húmedos como baños y cocina, entre otros). Independientemente de las ventajas específicas que tiene cada revestimiento, todos deben cumplir con dos propiedades básicas: durabilidad y facilidad para su mantención.

Como consideración general, es importante que estos no sean instalados hasta que no estén colocadas puertas y ventanas que dan al exterior, y así evitar daños en ellos por agua infiltrada, polvo del medio exterior o por las actividades propias de la obra. También es necesario que estén instalados los acabados de cielo y de los paramentos interiores, previniendo que cualquier pequeña salpicadura pueda manchar el revestimiento de piso instalado.



Figura 20-2: Tipos de revestimientos para pisos con distintos diseños. En la figura, solución de piso con moldura machiembrada, adherida a una base de madera.

En esta unidad, se expondrán características y procedimientos a seguir para la instalación de los revestimientos de madera. Los otros tipos de revestimientos deben ser instalados ciñéndose a las indicaciones y especificaciones que entregan los instructivos (folletos) y los departamentos técnicos de fabricantes o importadores de los diferentes productos.

20.2 PREPARACIÓN DE LA BASE

La superficie sobre la que se instalará el revestimiento de madera debe cumplir con las condiciones de geometría y preparación que se establecen en los planos y especificaciones del proyecto.

Los requerimientos de la superficie base dependen del tipo de plataforma, según si ésta es:

- Hormigón
- Madera

Cualquiera sea la forma o el tipo de piso es imprescindible efectuar un control estricto de la geometría, limpieza y condiciones de humedad, según el plan de gestión de calidad que especifica y define el control y la forma de recepcionar conforme dicha partida.

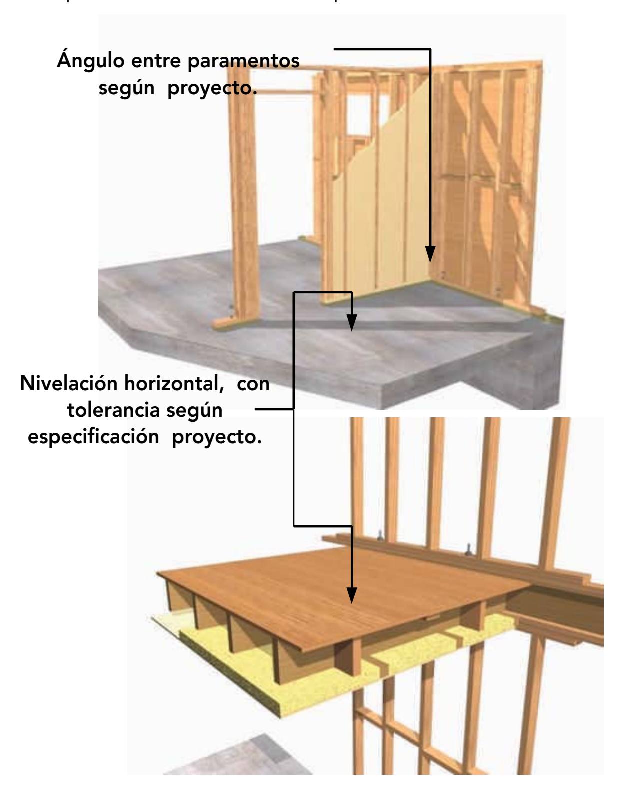


Figura 20-3: Algunos de los controles que se deben realizar tanto a la plataforma como a los paramentos verticales.

20.2.1 En base de hormigón

En el caso de plataforma de hormigón, el tiempo necesario para que las condiciones sean las adecuadas para la instalación del revestimiento, estará supeditado a las condiciones de obra (faena húmeda), a la época del año, ya que las condiciones en invierno (humedad relativa del aire) hacen necesario contemplar un mayor plazo, a diferencia del verano en que el proceso de evaporación del agua es más rápido. En todo caso se debe contar con el tiempo necesario para que se produzca la reacción completa en el interior del hormigón, condición indispensable para asegurar la durabilidad del piso y del revestimiento.



Figura 20-4: Losa de hormigón o radier sobre la cual se instalará un revestimiento de madera.

Una forma de determinar el contenido de humedad de la plataforma de hormigón para la instalación del revestimiento es colocando sobre ésta un polietileno transparente de 0,2 mm de espesor de dimensiones de 0,5 x 0,5 m, al cual se le sellan los bordes. Si al cabo de 24 horas se aprecia humedad bajo el polietileno, significa que aún no se puede instalar el revestimiento. En la actualidad se cuenta con instrumentos de alta precisión que permiten medir en forma electrónica el contenido de humedad de variados materiales (madera y hormigón, entre otros).

Contando con la humedad óptima de la plataforma, se limpia la superficie de grasas, aceites o polvo y se verifica que se encuentre nivelada y sin resaltos.

Revisados todos los puntos de control de la cartilla preparación de base de hormigón de dicha faena, se procede a la colocación de una barrera anti-humedad sobre toda la superficie, que asegure cualquier problema a futuro de la instalación del piso por causa de alguna humedad intersticial.

Una forma adecuada de sellar la superficie es aplicar una delgada capa de cemento asfáltico sobre toda la superficie del radier con una espátula lisa, Figura 20 - 5 A. Se deja secar al menos dos horas. Luego, se cubre la totalidad de la plataforma con una lámina de polietileno de 0,2 a 0,5 mm de espesor con traslapes de 15 cm, cuidando abarcar toda la superficie y que en los bordes retorne por los tabiques a lo menos 15 cm, Figura 20 - 5 B, quedando este retorno cubierto posteriormente con la lámina de polietileno de 0.2 mm, que se dispondrá como barrera de humedad y como protección de la estructura del tabique antes de proceder a la colocación del revestimiento definitivo, como se muestra en las figuras.

UNIDAD 20

REVESTIMIENTO DE PISOS COMO SOLUCION DE PISO

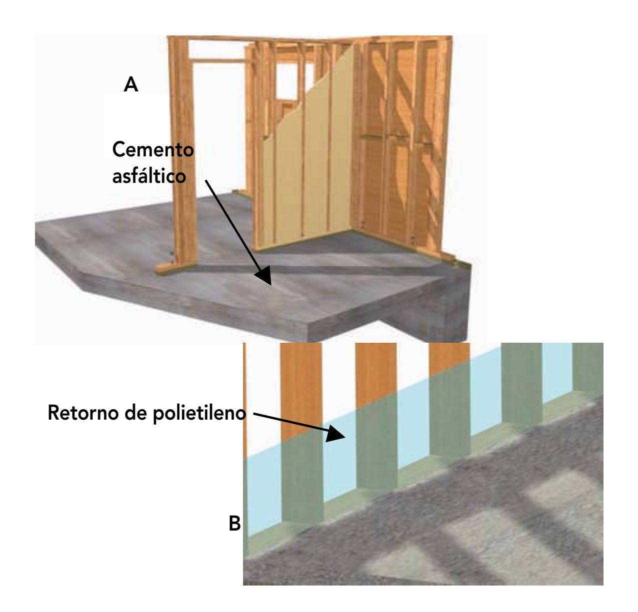


Figura 20 - 5: A) Sellado de poros del radier de hormigón con cemento asfáltico. B) Retorno del polietileno en 15 cm, en contacto con los pie derecho de la estructura de los tabiques.

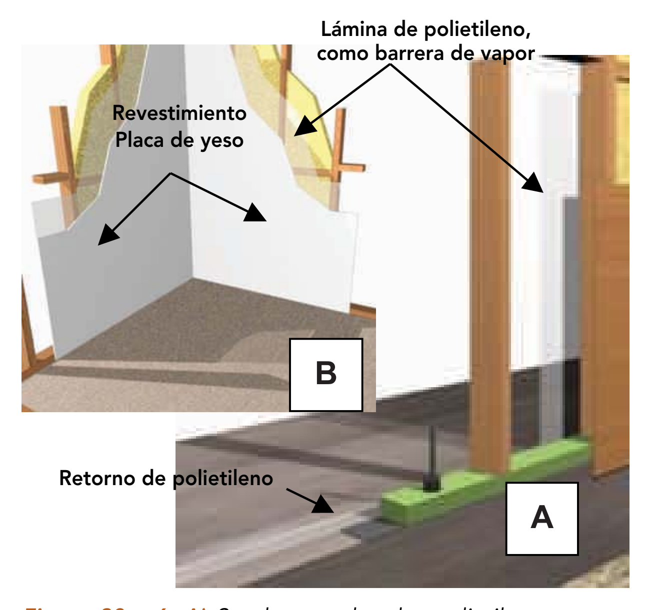


Figura 20 – 6: A) Se observan los dos polietilenos que se traslaparán en la intersección del radier de hormigón y el tabique, asegurando que la humedad no vaya a perjudicar la estructura del tabique. B) Ubicada la aislación térmica especificada, se procede a la instalación de la barrera de vapor, que consiste en la colocación de un polietileno sobre el tabique por su paramento interior, adherido con corchetes a los pie derecho.

Una vez puesto el polietileno es recomendable caminar sobre él para asegurar que se adhiera al cemento asfáltico. En caso de quedar burbujas de aire, se deben deslizar hacia las orillas para permitir el escape de éstas, nunca perforar el polietileno (barrera de humedad).

Sobre la barrera de humedad, se colocará una base de madera, a la cual se afianzará el revestimiento. Esta base puede ser:

- Tablero: es recomendable utilizar contrachapado, de espesor de 15 a 18 mm con tratamiento superficial anti-humedad en ambas caras (pintura o barniz hidrófugo). Se coloca sobre la barrera de humedad ya instalada y se fija a la plataforma de hormigón con un mínimo de 9 clavos de acero para hormigón por placa, distribuyendo las fijaciones en forma proporcional. Se controla que la separación entre las placas sea de 4 a 6 mm y de 1 cm entre las placas y los tabiques.

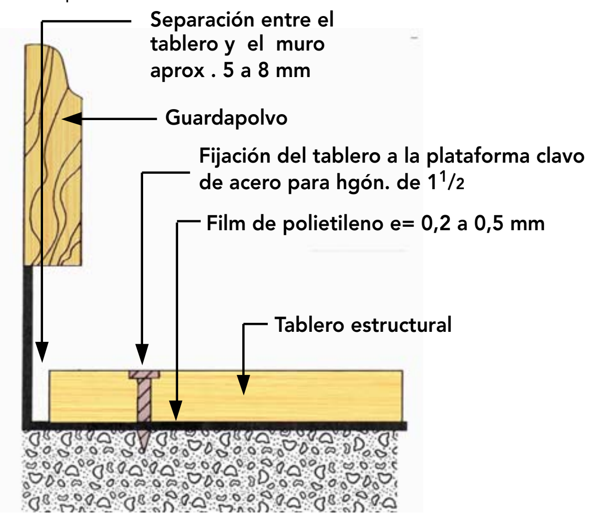


Figura 20-7: Fijación del tablero estructural a la plataforma de hormigón.

Como alternativa a la fijación con clavos del tablero base, está la opción de fijarlo sobre la barrera de humedad con cemento asfáltico, considerando previamente cortar el tablero en 4 partes a lo largo, por 4 partes a lo ancho, o sea, en trozos rectangulares de aproximadamente 30 x 60 cm a los cuales se les debe realizar un ranurado de 9 mm de profundidad en una de sus caras, en forma de grilla de 5 cm.

Se aplica cemento asfáltico a cada uno de los rectángulos y a la base con una espátula dentada, colocando los trozos de 30 x 60 cm al distanciamiento antes especificado.

- **Listones:** son piezas de madera seca, escuadría de 1" x 4" ó 2" x 4", largos entre 0,45 m a 1,2 m, (listones más largos pueden causar deformaciones en el revestimiento) y tratados contra la humedad con sistema al vacío, con un contenido de humedad adecuado al lugar donde serán colocados. Se disponen cada 0,40 a 0,60 m dependiendo del espesor del revestimiento de madera que esté proyectado, fijándolos a la plataforma mediante cemento asfáltico (apoyados sobre su cara más ancha) y orientados de forma que queden perpendiculares a la disposición que tendrá el entablado de piso según proyecto. Los listones también se pueden disponer formando un reticulado, Figura 20 - 10.Una vez instalados los listones, se coloca un polietileno de espesor de 0.2 a 0.5 mm (Figura 20-9) o fieltro de 15 lb según el revestimiento definitivo como solución de piso.



Figura 20 - 8: Disposición de los listones sobre plataforma de hormigón, donde irá el polietileno de espesor de 0,2 a 0,5 mm.

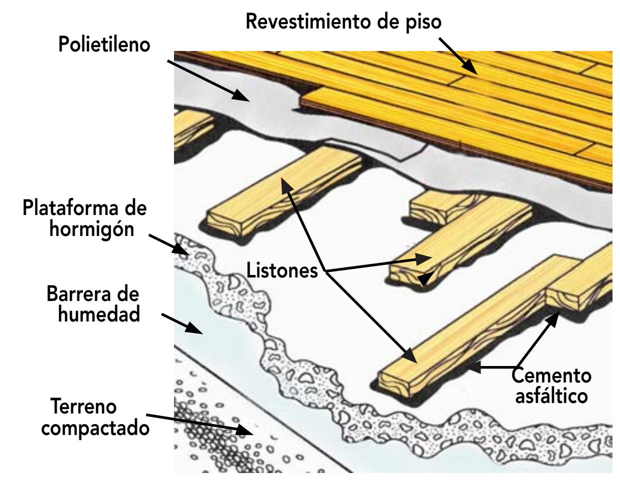


Figura 20 - 9: Secuencia en la colocación de elementos necesarios para materializar el revestimiento.

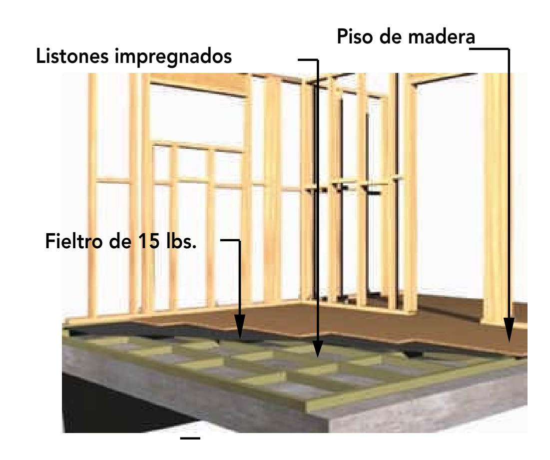


Figura 20 -10: Listones dispuestos formando un reticulado de entre 0,4 m a 0,6 m.

Como referencia, se puede determinar la distancia entre los listones según la Tabla 20-1. La distancia entre los listones debe estar especificada en el proyecto.

Distancia entre listones	Espesor tabla de piso
400 mm	19 mm
400 mm	25,4mm
600 mm	38,1mm

Tabla 20 - 1: Distancia entre listones según espesor de tabla de piso.

20.2.2 En base de madera

Para el caso de plataformas de madera se recomienda utilizar el tablero contrachapado estructural como soporte para la solución de piso. El espesor de éste dependerá del espesor de la solución de piso, determinada por el cálculo. A modo de referencia, se presentan en la Tabla 20-2 algunas opciones.

Espesor tabla de piso	Espesor tablero
19 mm	15 mm
13 mm	18 mm

Tabla 20 – 2: Relación de espesores de tabla de piso y tablero estructural como solución de piso.

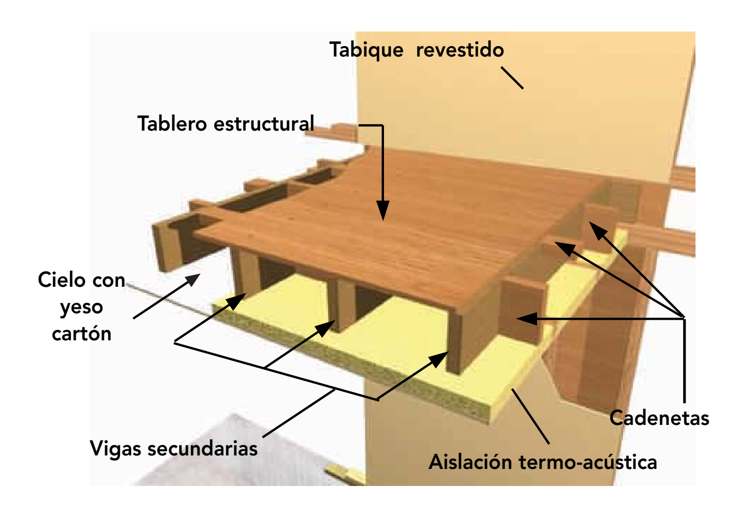


Figura 20-11: Elementos de la plataforma de entrepiso y disposición del tablero estructural.

Como se puede observar, el mismo tablero arriostrador utilizado en la plataforma puede ser usado como base para la instalación del piso de madera.

Para mejorar la aislación acústica de los recintos inferiores, está la opción de colocar aislación acústica en la plataforma, como se muestra en la **Figura 20-11**, tema que es desarrollado en el **Capitulo III Unidad 14, "Aislación y ventilación"**.

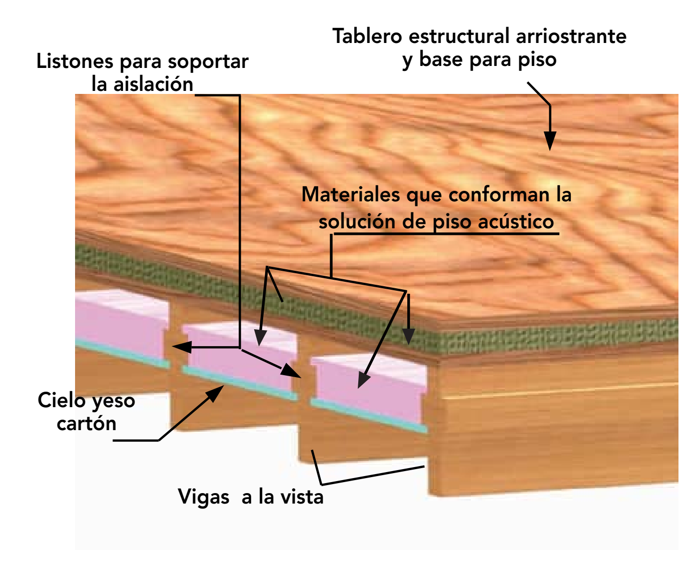


Figura 20-12: Solución constructiva de plataforma de entrepiso de madera con aislación acústica, base para recibir la solución de piso.

20.3 INSTALACIÓN DEL REVESTIMIENTO DE PISO

Dentro de los revestimientos de piso de madera más utilizados en la vivienda está el de tabla machihembrada, cuyo procedimiento de colocación se describe a continuación:

El revestimiento de entablado está compuesto por piezas de madera cepillada, seca (contenido de humedad no superior al 12%), denominadas molduras (norma NCh 2100). Estas molduras tienen distintos perfiles con lados machihembrados. La norma establece que en caso que el mandante o diseñador especifique molduras con perfiles distintos a los que ésta indica, se puede convenir por escrito entre comprador y vendedor las modificaciones de estos.

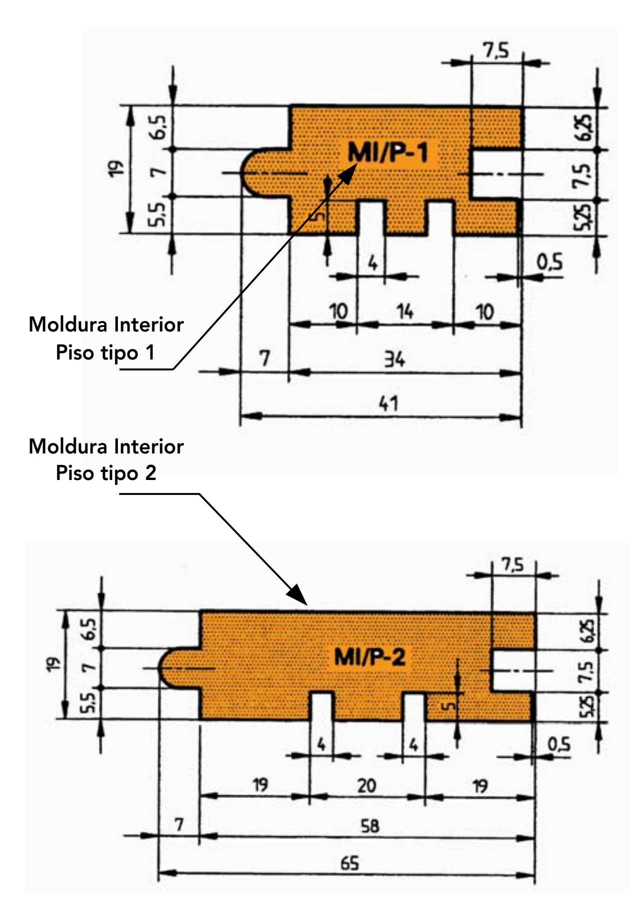


Figura 20 -13: Perfiles de las molduras que presenta la norma NCh2100.

Previo a la instalación del revestimiento, se debe eliminar todo material suelto y polvo de la superficie de la base del tablero estructural que recibirá el revestimiento.

En la determinación del sentido de colocación del revestimiento, el diseñador debe considerar los siguientes aspectos:

- Si el entablado se dispone en el sentido de la dimensión más larga del recinto, se logra una mejor apariencia, dando una sensación de mayor amplitud.
- Si el revestimiento de piso (de espesor según cálculo) se fija perpendicular a las vigas secundarias, se puede realizar el arriostramiento de la plataforma.

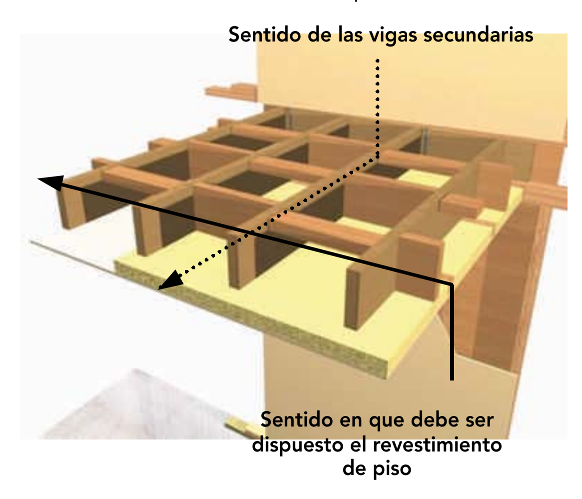


Figura 20 -14: Sentido del revestimiento de piso según la disposición de las vigas secundarias.

Toda vez que sea posible, se sugiere trazar el eje de las vigas sobre los tableros, de tal forma de poder colocar posteriormente los clavos que fijarán el revestimiento sobre ellas, previo a la colocación y fijación del revestimiento.

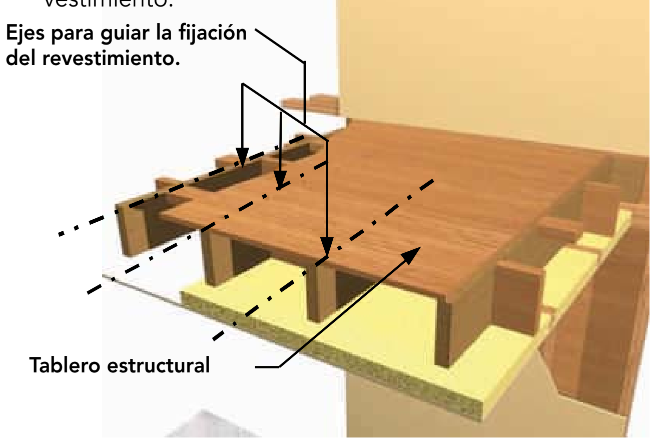


Figura 20-15: Trazado sobre el tablero base los ejes de las vigas secundarias.

Al inicio de la instalación de un entablado de piso, la colocación de la primera pieza resulta fundamental, ya que servirá de guía para las siguientes. Una forma de asegurar su correcta colocación es trazar una línea guía. Lo que hace necesario la colocación en ambos extremos del recinto una pieza, con el lado acanalado hacia el muro y distanciada de éste 2,0 cm. Este espacio, que quedará oculto al colocar los guardapolvos, permite la dilatación del revestimiento, evitando que posteriormente cruja o se produzca una deformación superficial del piso.

Esta primera hilada debe llevar doble fijación, una por el lado de la pestaña, puesta en un ángulo aproximado de 45° y otra cercana al borde acanalado distanciada 8d (8 diámetros de clavo) del borde perpendicular a la pieza, alternando el costado en que se coloca el clavo sin distanciarlos más de 40 cm.

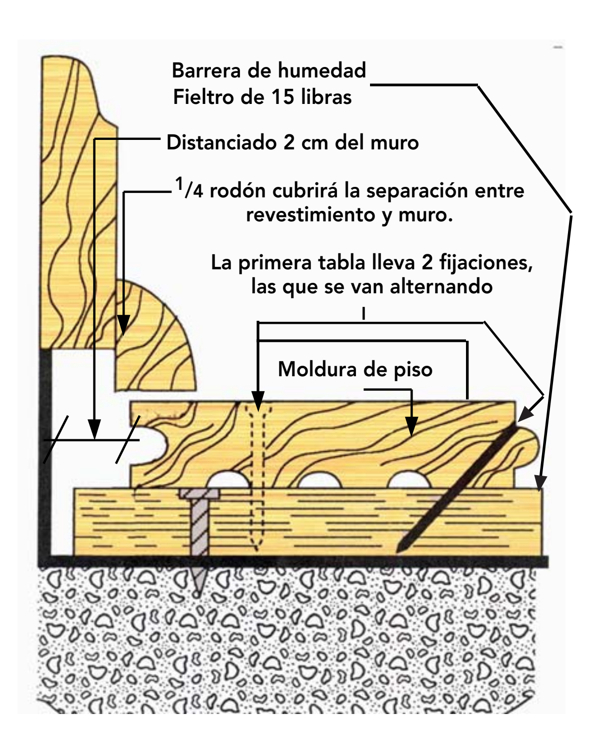


Figura 20-16: Fijación de la primera moldura del revestimiento de piso a la base de madera.

Ubicadas estas dos piezas en los extremos del recinto, se traza una línea que las una por el borde de la pieza que tiene pestaña. Esta será la línea que servirá de guía en la colocación del revestimiento.

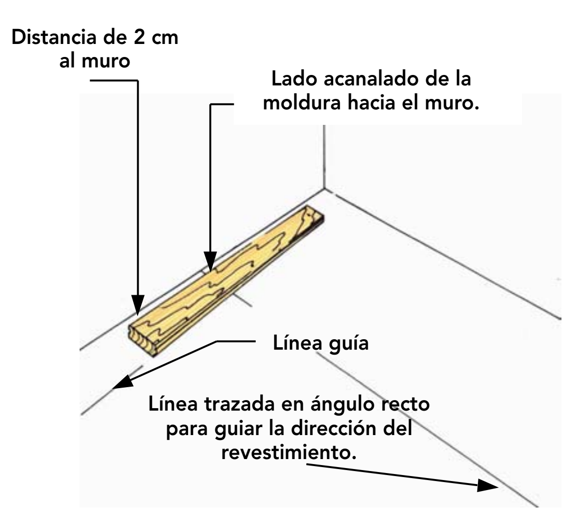


Figura 20-17: Trazado de las líneas guía para la colocación del resto del revestimiento.

La colocación de los clavos se puede realizar con martillo tradicional o con una herramienta específica para este fin, llamada **clavadora para machihembrado**.

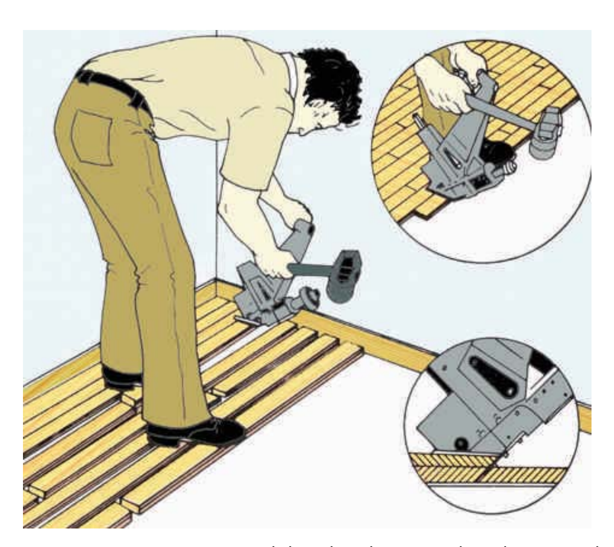


Figura 20-18: Máquina machihembradora para la colocación de las fijaciones de las molduras.

Con respecto a los martillos, se recomienda utilizar en las tres primeras hiladas un martillo liviano el cual sólo guíe al clavo. Para el resto de las filas se debe utilizar un martillo más pesado (500 gr).

Es importante cuidar de no dañar el borde de la tabla con el martillo, golpeando solamente el clavo y parte de la pestaña, sobre todo en el último golpe. Otra posibilidad es utilizar un botador de puntas.

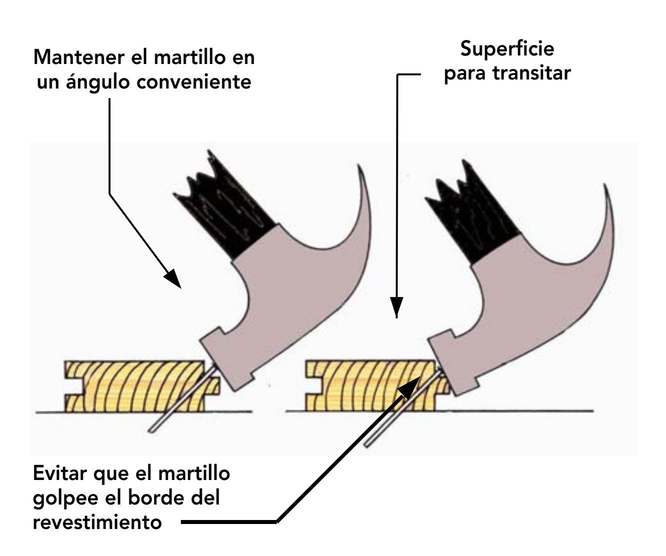


Figura 20-19: Detalle para el clavado de las fijaciones de la moldura.

Para la fijación de las piezas se utilizan clavos de 1 1/2", si es una pieza de 19 mm (3/4") de espesor y 2 1/2" si la tabla tiene un espesor de 25,4 mm (1") o 38,1 mm (1 1/2"), distanciados uno de otro. Como sugerencia se presenta la siguiente tabla:

Distancia entre clavos	Espesor tabla de piso
400 mm	19 mm
400 mm	25,4 mm
600 mm	38,1 mm

Tabla 20-3 Distanciamiento entre clavos según el espesor de tabla de piso.

Se recomienda que la colocación de las piezas sea de izquierda a derecha. El lado izquierdo se determina teniendo a la espalda del instalador el muro desde donde se va a comenzar la colocación del revestimiento.

Cuando la última pieza que completa la instalación de la hilada deba ser cortada, para que calce y la complete es recomendable que tenga un largo mínimo de 40 cm. La siguiente hilada debe comenzar con la diferencia de la pieza cortada, cuyo largo mínimo también debe ser de 40 cm, por razones de orden estético.

Con respecto a las piezas que van en la última hilada, en caso que no calce el ancho completo de ésta, existen dos opciones:

- (A) Cortar la pieza del ancho que se requiere, considerando dejar una distancia de 2,0 cm con respecto al muro. Luego se fija, como se observa en la figura, a la penúltima pieza y se coloca en su posición definitiva. Se debe colocar un clavo perpendicular a la pieza cerca del borde de ésta (8d).

- (B) Colocar como última pieza una que sea más ancha que las que se estaban utilizando.

Guardapolvo

Pieza extra (última moldura) que se clava a la penúltima moldura

A

Ancho normal de las molduras que se están instalando

B

Ultima pieza, de ancho mayor a las que se estaban instalando.

Figura 20-20: Atraque de terminación de la última moldura. (A) Caso en que se suple con una pieza extra y se clava a la penúltima moldura. (B) Solución con la colocación de una moldura de mayor dimensión en su ancho.

Una vez instalado el revestimiento de piso, se debe aplicar un acabado como puede ser cera para madera, pintura o barniz especial para pisos o vitrificado. Para su aplicación se debe considerar las instrucciones y recomendaciones del fabricante.

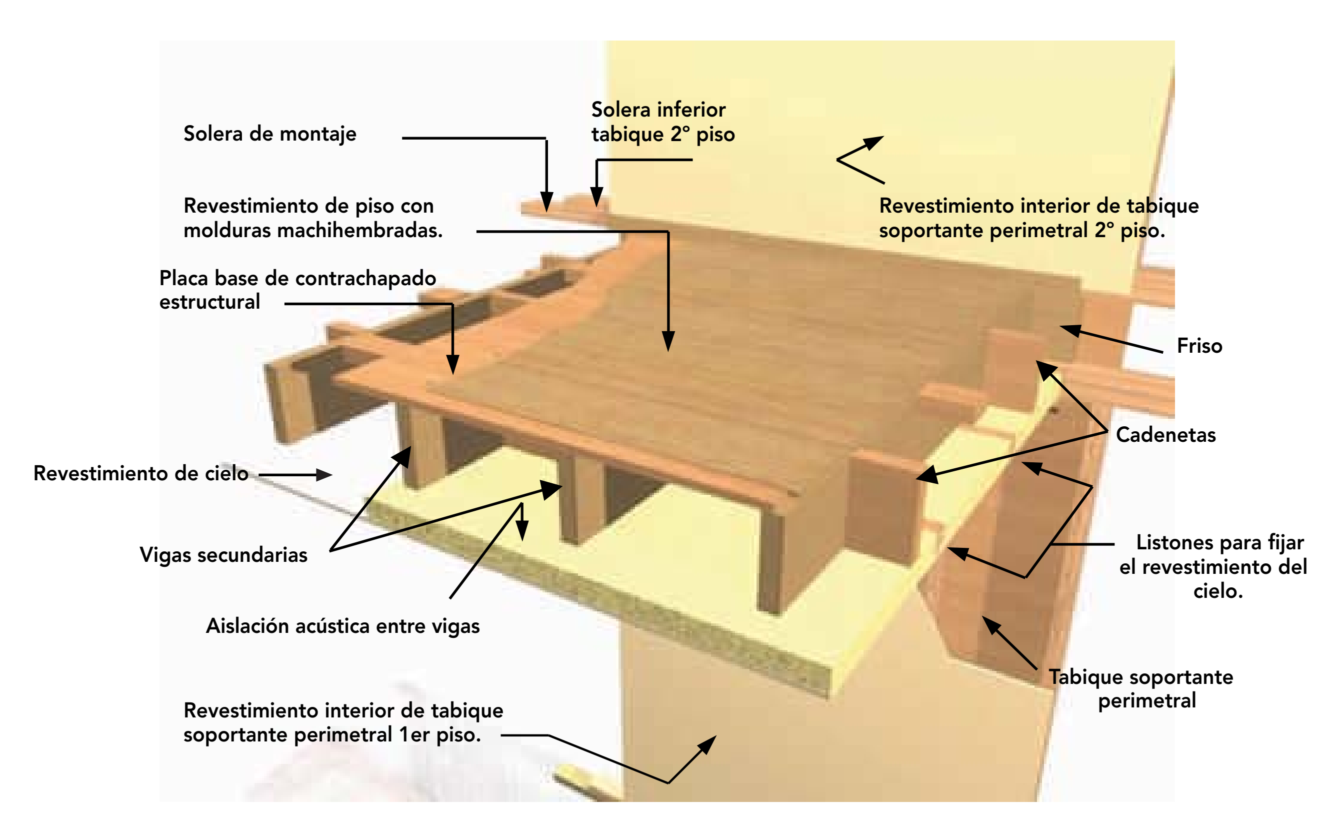


Figura 20 – 21: Se presenta solución de revestimiento de piso tradicional, en un entrepiso conformado por una plataforma de madera, arriostrada con tablero estructural, que servirá de base para instalar las molduras machihembradas, dando como resultado un entablado de piso como revestimiento.

BIBLIOGRAFIA

- American Plywood Association, "Wood Reference Handbook", Canadian Wood Council, Canadá, 1986.
- Branz, "House Building Guide", Nueva Zelanda, 1998.
- Canada Mortgage and Housing Corporation, CMHC, "Manual de Construcción de Viviendas con Armadura de Madera – Canadá", Publicado por CMHC, Canadá, 1998.
- Canada Mortgage and Housing Corporation, CMHC, "Woodframe Envelopes in the Coastal Climate of British Columbia", Publicado por CMHC, Canadá, 2001.
- Goring, L.J; Fioc, LCG, "First-Fixing Carpentry Manual", Longman Group Limited, Inglaterra, 1983.
- Guzmán, E; "Curso Elemental de Edificación", 2° Edición, Publicación de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, Santiago, Chile, 1990.
- Hanono, M; "Construcción en Madera", CIMA Producciones Gráficas y Editoriales, Río Negro, Argentina, 2001.
- Heene, A; Schmitt, H, "Tratado de Construcción", 7° Edición Ampliada, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.
- Jiménez, F; Vignote, S, "Tecnología de la Madera", 2° Edición, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría General Técnica Centro de Publicaciones, Madrid, España, 2000.
- Lewis, G; Vogt, F, "Carpentry", 3° Edición, Delmar Thomson Learning, Inc., Nueva York, EE.UU., 2001.
- Millar, J; "Casas de Madera", 1° Edición, Editorial Blume, Barcelona, España, 1998.
- Neufert, E; "Arte de Proyectar en Arquitectura", 14° Edición, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.
- Primiano, J; "Curso Práctico de Edificación con Madera", Editorial Construcciones Sudamericanas, Buenos Aires, Argentina, 1998.
- Reader´s Digest, "New Complete do-it yourself Manual", Canadá, 1991.
- Spence, W; "Residencial Framing", Sterling Publishing Company, Inc., Nueva York, EE.UU., 1993.
- Stungo, N; "Arquitectura en Madera", Editorial Naturart S.A Blume, Barcelona, España, 1999.
- Thallon, R; "Graphic Guide to Frame Construction Details for Builder and Designers", The Taunton Press, Canadá, 1991.
- Villasuso, B;"La Madera en la Arquitectura", Editorial "El Ateneo" Pedro García S.A, Buenos Aires, Argentina, 1997.
- Wagner, J; "House Framing", Creative Homeowner, Nueva Jersey, EE.UU., 1998.
- www.citw.org (Canadian Institute of Treated Wood).
- www.creativehomeowner.com (The life style publisher for home and garden).
- www.durable-wood.com (Wood Durability Web Site).
- www.inn.cl (Instituto Nacional de Normalización).
- www.fpl.fs.fed.us (Forest Products Laboratory U.S. Department of Agriculture Forest Service).
- www.forintek.ca (Forintek Canada Corp.).
- www.pestworld.org (National Pest Management Association).
- www.preservedwood.com (American Wood Preservers Institute).
- NCh 173 Of.74 Madera – Terminología General.
- NCh 174 Of.85 Maderas – Unidades empleadas, dimensiones nominales, tolerancias y especificaciones.
- NCh 177 Of.73 Madera - Planchas de fibras de madera. Especificaciones.
- NCh 178 Of.79 Madera aserrada de pino insigne clasificación por aspecto.
- NCh 760 Of.73 Madera – Tableros de partículas. Especificaciones.
- NCh 789/1 Of.87 Maderas – Parte 1: Clasificación de maderas comerciales por su durabilidad natural.
- NCh 992 E Of.74 Madera - Defectos a considerar en la clasificación, terminología y métodos de medición.
- NCh 993 Of.72 Madera- Procedimiento y criterios de evaluación para clasificación.
- NCh 1207 Of.90 Pino Radiata - Clasificación visual para uso estructural - Especificaciones de los grados de calidad.
- NCh 2100 Of 2003 Madera – Molduras – Designación y dimensiones.
- NCh 2824 Of 2003 Maderas Pino radiata – Unidades, dimensiones y tolerancias.


CORPORACION CHILENA DE LA MADERA
CORMA
CHILE PAIS FORESTAL

Unidad 21

TERMINACION CON MOLDURAS DE MADERA DECORATIVA

Centro de Transferencia Tecnológica



Unidad 21

UNIDAD 21

TERMINACION CON MOLDURAS DE MADERA DECORATIVA

21.1 GENERALIDADES

Terminada la obra gruesa y colocados los revestimientos, tanto interiores como exteriores con sus respectivos acabados, se debe dar solución a los quiebres y encuentros de muros, pisos, cielos, dinteles, aleros y marcos, entre otros, con el fin de:

- Dar una terminación a encuentros entre elementos
- Cubrir el término y comienzo de dos materiales distintos que estén contiguos
- Contribuir a la decoración

Los elementos de terminación pueden ser prefabricados o preparados en obra utilizando madera, P.V.C., yeso o poliuretano.

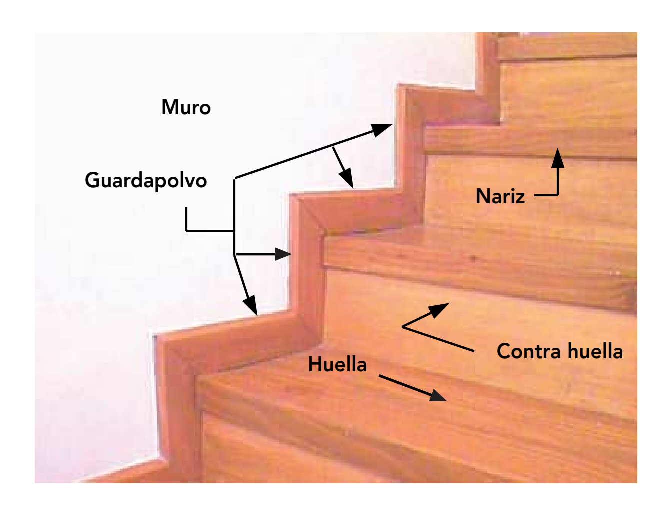


Figura 21-1: *Moldura de madera que cubre el encuentro entre peldaños de la escalera con el muro.*

En este manual se describen aspectos a considerar para la instalación de molduras fabricadas en madera de Pino radiata. Para otros materiales, las indicaciones y especificaciones de su instalación, serán las que entregue el proyecto en forma específica y la información técnica de folletos y del departamento técnico del fabricante o representante.

La norma NCh2100 Of 2003 Madera - Molduras - Designación y dimensiones, clasifica los elementos que se utilizarán con dichos fines, identificándolos como molduras de madera decorativa, cepilladas y con contenido de humedad máximo de 12%. En esta clasificación están los balaustres, guardapolvos, junquillos, 1/4 rodón, esquineros, pilastras, tapajuntas y cornisas.

Molduras decorativas, Cornisa, tipo 4.

19 19 R15,5 3,5 3,5
MD/CO-4

Molduras decorativas, Cornisa, tipo 5.

28 28 R23,5 4,5 4,5
MD/CO-5

Figura 21-2: *Ejemplo de algunas molduras que se especifican en la norma NCh2100.*

No obstante lo establecido en la norma NCh2100, la clasificación de las molduras se puede especificar desde dos puntos de vista: en relación al perfil de la moldura o con respecto a la ubicación que ésta tendrá.

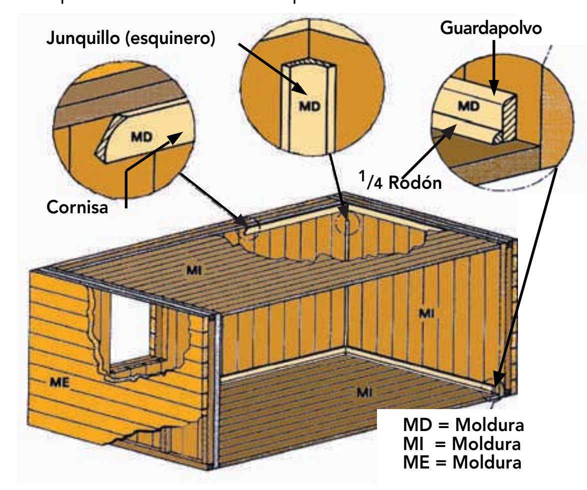


Figura 21- 3: *Esquema de la norma que muestra las distintas aplicaciones de las molduras.*

Por ejemplo, un elemento como el 1/4 rodón, cuyo nombre está relacionado con la forma, puede ser utilizado como esquinero, cornisa o como complemento de un guardapolvo.

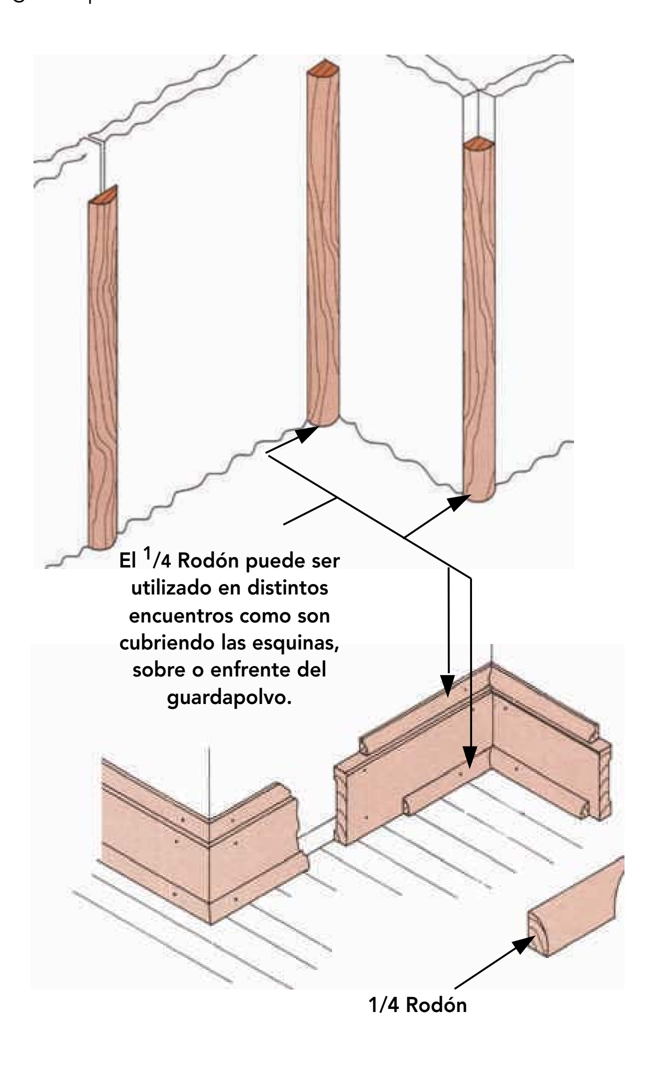


Figura 21-4: *Uso de un mismo elemento de terminación (moldura con perfil de 1/4 rodón) en distintas ubicaciones.*

Con respecto a la comercialización, las piezas se venden pulidas, listas para recibir una terminación o con el acabado ya aplicado, en largos de 3 m, variados espesores y anchos, y pueden tener uniones tipo finger-joint.

Para una mejor comprensión del tema, se analizarán por separado las molduras utilizadas para los encuentros de muros con piso y cielo, y las utilizadas como cubrejuntas de puertas y ventanas. Con respecto a los cortes que deben ser realizados, la metodología es la misma para todos los casos, considerando siempre si la esquina o el encuentro a solucionar es cóncavo o convexo.

21.2 MOLDURAS PARA ENCUENTROS DE MUROS CON PISO Y CIELO (GUARDAPOLVOS Y CORNISAS)

21.2.1 Cortes y uniones en molduras

Las uniones entre molduras ubicadas en el encuentro entre el cielo y muros, llamadas cornisas, pueden ser realizadas en ángulos rectos o en ángulos de 45°. Generalmente se prefiere realizar el corte en ángulo recto ya que queda una línea de unión menos visible, dando continuidad al encuentro.

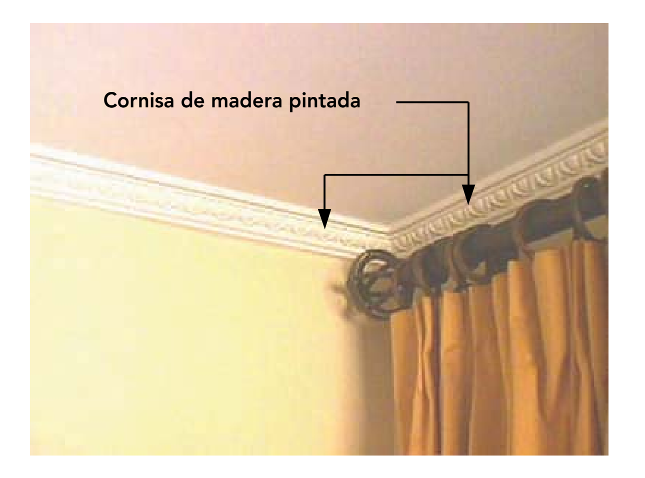


Figura 21-5: *Se muestra la solución del encuentro entre cielo y muro con cornisa de madera pintada.*

Al igual que las cornisas, los guardapolvos (molduras utilizadas a lo largo de la parte inferior de los muros), deben ser unidos con las mismas consideraciones respecto al ángulo de corte del extremo (45° ó 90°).



Figura 21 - 6: *Guardapolvo como solución al encuentro entre muro y piso.*

UNIDAD 21

TERMINACION CON MOLDURA DE MADERA DECORATIVA

En cualquiera de los dos casos, se recomienda que la última pieza sea cortada un poco más larga que el resto (1 mm a 2 mm aproximadamente), para asegurar una unión ajustada entre las piezas.

Estos encuentros deben ser lijados una vez colocadas las fijaciones, para dar la idea de continuidad entre molduras, salvo que la moldura que se esté utilizando venga pre-acabada. De no ser lijadas, se generarán sombras en los encuentros, dando la idea que las molduras no están puestas a tope.

Los cortes para los encuentros de molduras en las esquinas dependerán de si éstas son convexas o cóncavas.

- Si es una esquina convexa, se sugiere un corte a escuadra.

  Esto permite determinar el ángulo en que deben ser cortadas las molduras, utilizando la caja de ingletes.

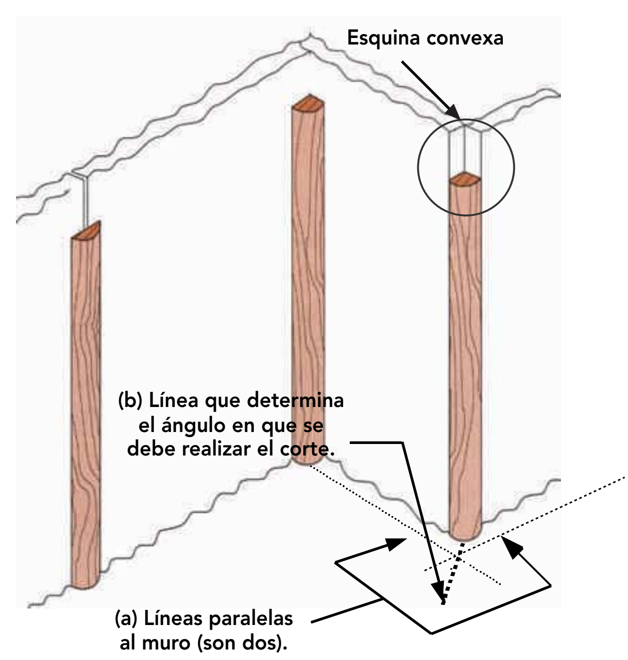


Figura 21-7: Determinación del ángulo en que se encuentran las molduras en una esquina convexa. Se debe trazar (a) una línea paralela a cada muro, ubicadas a igual distancia de ellos, para luego trazar otra línea (b) que irá desde la esquina hasta el punto donde se interceptan las líneas paralelas a los muros.

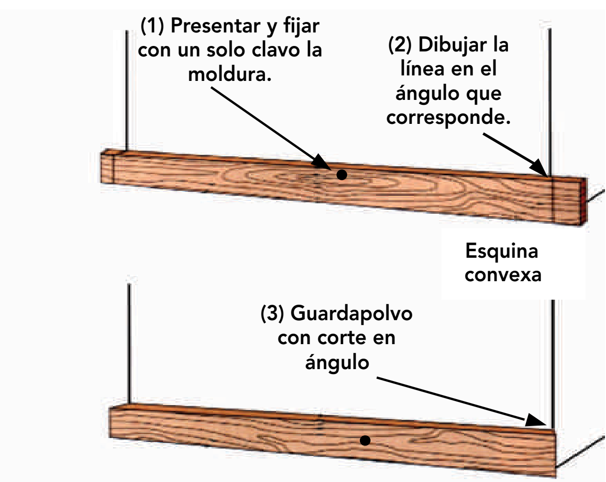


Figura 21-8: Secuencia para llegar a realizar el corte en 45° en la moldura.

- Si es una esquina cóncava, una de las molduras tendrá el corte del ángulo igual al que tiene el encuentro de los muros, quedando el extremo sobre el que se hace el corte a tope con el muro al que llega.

  La otra moldura, que llega a tope con la primera, tendrá un corte en ángulo (según encuentro de los tabiques), y otro según el perfil de la moldura con que se unirá de tope, a fin de obtener una unión armoniosa.



Figura 21-9: Vista que muestra el corte necesario a realizar en una de las molduras para obtener un calce perfecto entre ellas. Encuentro de esquina cóncava.

Para la moldura que tiene un doble corte, el corte en función del ángulo en que se encuentran los muros, se determina de la misma forma que las esquinas convexas y se puede materializar con la caja de ingletes.

El corte relacionado con el perfil se puede obtener:

- **Utilizando un pantógrafo.** Se presenta contra la moldura que llega de tope al muro, la moldura que llegará a ésta. Utilizando la primera moldura como guía, se traza sobre la segunda la figura que debe seguir el corte, ayudado por el pantógrafo.

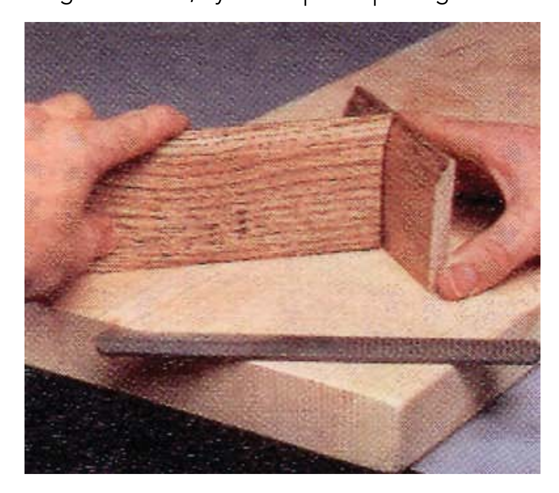


Figura 21 -10: Utilizando el pantógrafo para determinar la forma que debe tener el corte de la moldura.

- **Utilizando una plantilla.** Se presenta un trozo de moldura que servirá como plantilla para marcar el perfil de ésta, contra la moldura que lleva el doble corte, lo que permitirá obtener un calce perfecto.

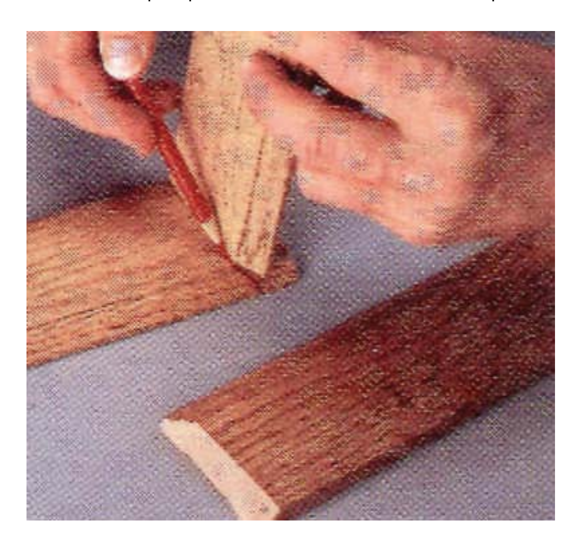


Figura 21-11: Utilizando un trozo de la moldura a la que llegará la moldura que lleva el corte doble, se marca sobre ésta la figura del corte requerido.

Se recomienda efectuar cualquier corte sobre las molduras partiendo desde la cara que quedará a la vista, de tal forma que al terminar el corte, las astillas queden en la cara que va oculta contra el muro.

21.2.2 Instalación de las molduras

Para la instalación de las molduras se deben considerar principalmente dos aspectos:

- Mantener línea y ángulo: cuando se instalan molduras para cubrir el encuentro entre muro y cielo, es recomendable trazar una línea sobre el muro, asegurando que la colocación de las molduras queden horizontales. Para esto, se presenta un trozo de la moldura en la posición que se quiere y se traza una línea suave, guiada por el lado de la moldura que se apoya en el muro. Se mide la distancia que hay entre el cielo y la línea recién marcada y se traslada esa distancia a cada término de muro donde irá la moldura.

  De no trazar esta línea, las molduras pueden quedar a distintos ángulos en todo su largo, sobre todo si son molduras largas.

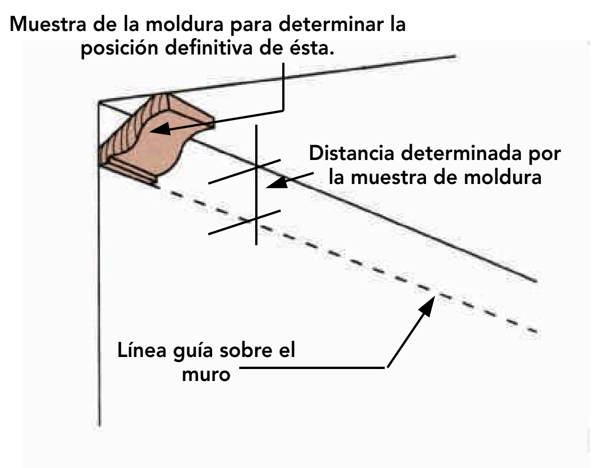


Figura 21-12 : Trazado de la línea guía para la correcta instalación de la moldura.

- Considerar elementos para fijar las molduras: para las molduras en que su parte posterior termina en ángulo recto (algunas cornisas y 1/4 rodón por ejemplo), se las puede fijar en su eje con una punta (clavo) cada 40 cm. Se requiere utilizar una fijación lo suficientemente larga para penetrar en los elementos de madera sólida como son la solera superior y/o la solera de amarre. En caso de estar utilizando molduras cuya parte posterior no termina en ángulo recto, éstas deberán llevar dos fijaciones cada 40 cm, las que irán una al pie derecho y la otra al listón de cielo (que le da soporte al revestimiento de cielo en todo el perímetro del recinto).

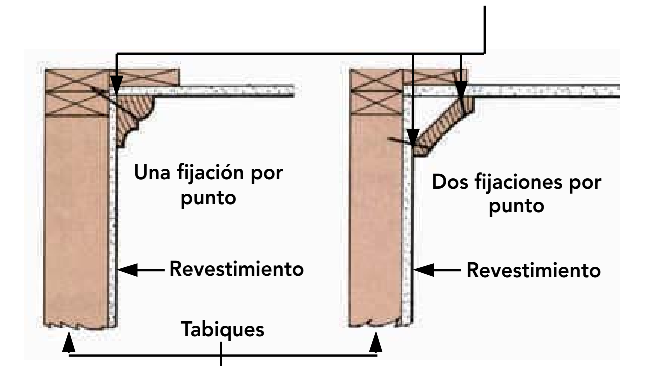


Figura 21-13: Ubicación y número de fijaciones en función del tipo de moldura.

La última fijación debe ir a unos 7 cm antes del final de la moldura para evitar dañar el borde.

En el caso de molduras para el encuentro entre muros y pisos, su colocación debe ser de tal forma que la punta quede fija al tablero estructural base del piso, y no a la solución de revestimiento de piso, evitando así futuras aberturas entre el revestimiento de piso y la moldura.

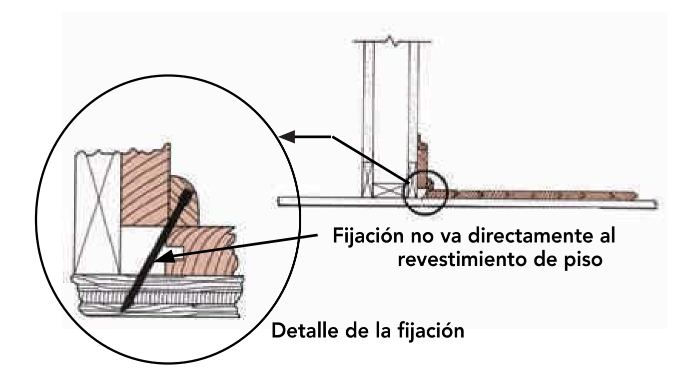


Figura 21-14: Consideraciones en la ubicación de las fijaciones.

21.3 MOLDURAS PARA CUBRIR JUNTAS DE PUERTAS Y VENTANAS (CUBREJUNTAS)

21.3.1 Cubrejuntas para puertas

La finalidad de esta cubrejunta es cubrir el encuentro que existe entre el rasgo del tabique y el centro de la puerta, dejando libre a lo menos la mitad del espesor del centro (espacio suficiente para la colocación de las bisagras de la puerta).

Debe ser instalada antes que las otras molduras de terminación, de manera que cubra toda la altura del centro, dando una buena apariencia de terminación.

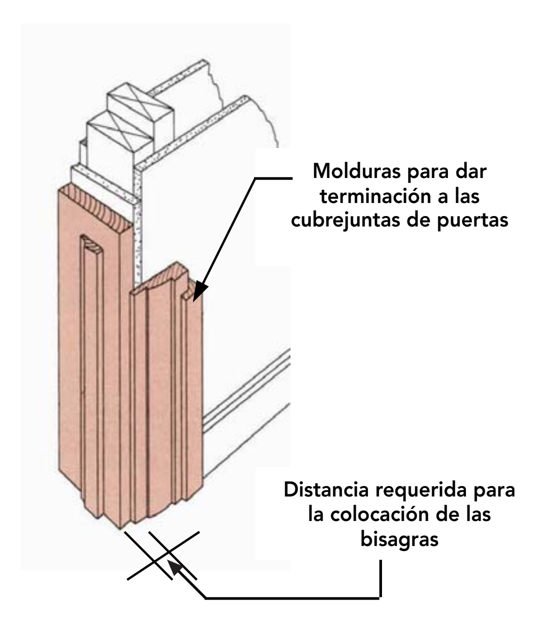


Figura 21-15: Moldura que cubre el encuentro entre el centro y el rasgo del tabique. La secuencia en la colocación de las molduras es: primero la vertical (cubrejuntas de puerta) y luego los guardapolvos.

Para realizar el corte a escuadra entre el tapajunta lateral con el tapajunta que va en el dintel, se realiza el mismo método de las líneas paralelas que se intersectan descrito para guardapolvo, considerando el espacio para las bisagras.

Se coloca y fija la cubrejunta que va en el dintel, coincidiendo el comienzo de su corte a escuadra con el corte a escuadra que tiene el marco, para luego determinar el alto que debe tener la cubrejunta lateral como se observa en la **Figura 21-16.**

Es recomendable utilizar la misma pieza que se instalará como cubrejunta lateral, midiendo la altura correspondiente. Para esto, se coloca paralela a su posición definitiva pero invertida y se marca sobre ella el largo que corresponde.

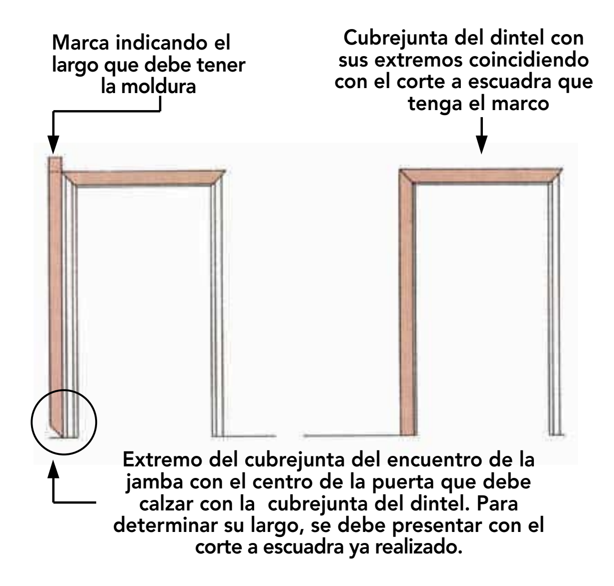


Figura 21-16: Cortes en las molduras de puerta para su correcto calce.

La fijación se efectuará cada 30 cm, con puntas (clavos delgados) de largos acordes a los espesores de las tapajuntas, utilizando posteriormente un botador de clavos, que permite introducir un par de milímetros la cabeza de la punta y se procederá a la colocación de pasta especial con la tonalidad de la madera, obteniendo una terminación perfecta.

21.3.2 Cubrejuntas para ventanas y otros

Se debe cubrir el encuentro del centro de la ventana con el alféizar, dintel y muro. Para los cortes en estas molduras, se debe seguir las mismas indicaciones descritas para las cubrejuntas de puertas.

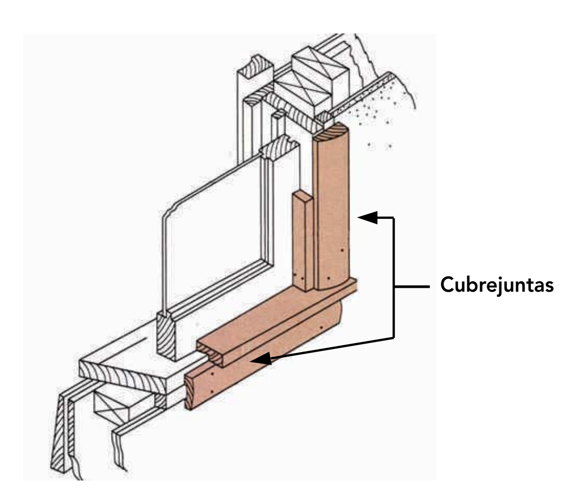


Figura 21 - 17: Cubrejuntas en ventanas.

Para el clóset, chimeneas y cualquier otro encuentro que requiera de cubrejuntas, se debe seguir el mismo procedimiento descrito anteriormente en lo referido a cortes, considerando las situaciones específicas que se pueden presentar in situ, imposibles de detallar por la gran cantidad de posibilidades.

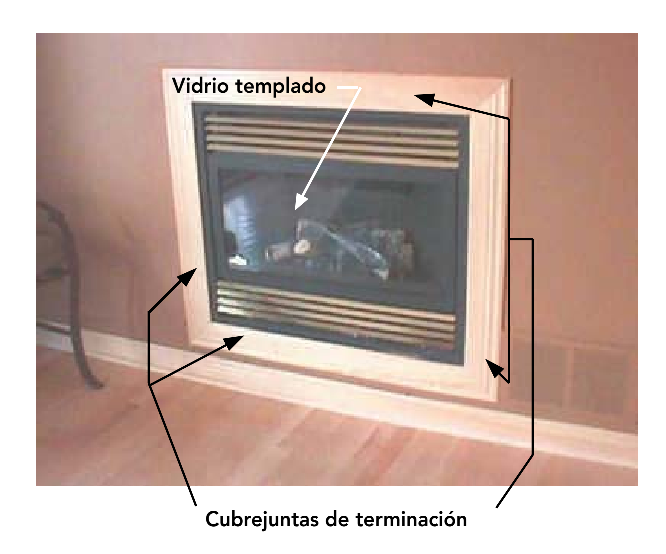


Figura 21 -18: Terminación molduras cubrejunta de la arista del muro y el hogar de la chimenea a gas.

BIBLIOGRAFIA

- American Plywood Association, "Wood Reference Handbook", Canadian Wood Council, Canadá, 1986.

- Branz, "House Building Guide", Nueva Zelanda, 1998.

- Canada Mortgage and Housing Corporation, CMHC, "Manual de Construcción de Viviendas con Armadura de Madera – Canadá", Publicado por CMHC, Canadá, 1998.

- Canada Mortgage and Housing Corporation, CMHC, "Woodframe Envelopes in the Coastal Climate of British Columbia", Canadá, 2001.

- Goring, L.J; Fioc, LCG, "First-Fixing Carpentry Manual", Longman Group Limited, Inglaterra, 1983.

- Guzmán, E; "Curso Elemental de Edificación", 2° Edición, Publicación de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, Santiago, Chile, 1990.

- Hanono, M; "Construcción en Madera", CIMA Producciones Gráficas y Editoriales, Río Negro, Argentina, 2001.

- Heene, A; Schmitt, H, "Tratado de Construcción", 7° Edición Ampliada, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.

- Jiménez, F; Vignote, S, "Tecnología de la Madera", 2° Edición, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría General Técnica Centro de Publicaciones, Madrid, España, 2000.

- Lewis, G; Vogt, F, "Carpentry", 3° Edición, Delmar Thomson Learning, Inc., Nueva York, EE.UU., 2001.

- Millar, J;"Casas de Madera", 1° Edición, Editorial Blume, Barcelona, España, 1998.

- Neufert, E; "Arte de Proyectar en Arquitectura", 14° Edición, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.

- Primiano, J; "Curso Práctico de Edificación con Madera", Editorial Construcciones Sudamericanas, Buenos Aires, Argentina, 1998.

- Reader´s Digest, "New Complete do-it yourself Manual", Canadá, 1991.

- Spence, W; "Residencial Framing", Sterling Publishing Company, Inc., Nueva York, EE.UU., 1993.

- Stungo, N; "Arquitectura en Madera", Editorial Naturart S.A Blume, Barcelona, España, 1999.

- Thallon, R; "Graphic Guide to Frame Construction Details for Builder and Designers", The Taunton Press, Canadá, 1991.

- Villasuso, B; "La Madera en la Arquitectura", Editorial "El Ateneo" Pedro García S.A, Buenos Aires, Argentina, 1997.

- Wagner, J; "House Framing", Creative Homeowner, Nueva Jersey, EE.UU., 1998.

- www.creativehomeowner.com (The life style publisher for home and garden).

- www.citw.org (Canadian Institute of Treated Wood).

- www.durable-wood.com (Wood Durability Web Site).

- www.fpl.fs.fed.us (Forest Products Laboratory U.S. Department of Agriculture Forest Service).

- www.forintek.ca (Forintek Canada Corp.).

- www.inn.cl (Instituto Nacional de Normalización).

- www.pestworld.org (National Pest Management Association).

- www.preservedwood.com (American Wood Preservers Institute).

- NCh 173 Of.74 Madera – Terminología General.

- NCh 2100 Of 2003 Madera – Molduras – Designación y dimensión.

- NCh 2824 Of 2003 Maderas – Pino radiata – Unidades, dimensiones y tolerancias.


CORPORACION CHILENA DE LA MADERA
CORMA
CHILE PAIS FORESTAL

Unidad 22

PUERTAS Y VENTANAS





Unidad 22

UNIDAD 22

PUERTAS Y VENTANAS

22.1 INTRODUCCIÓN

Las puertas y ventanas de una vivienda cumplen un rol relevante en variados aspectos. La superficie (número y tamaño), orientación (ubicación) y tipos, afectan la estética, luz natural, vista, ventilación, medios de evacuación y ahorro energético, entre otros.

El alto costo de esta partida, en caso de reemplazar elementos defectuosos, la complejidad de instalación para cumplir con requerimientos exigidos, y el mayor estándar en terminaciones que demandan cada día los usuarios, hace indispensable preocuparse previamente de un buen diseño arquitectónico y constructivo, así como de la correcta selección e instalación de estos elementos; especialmente si se desea obtener una durabilidad aceptable, un fácil mantenimiento y un ahorro energético considerable.

Existen varios factores relevantes que deben considerarse en el diseño y selección de las puertas y ventanas. Por ejemplo, su eficiencia energética, un factor indispensable y crítico. Estos elementos pueden ser causantes de gran pérdida del calor originado por calefacción al interior de la vivienda.

Es importante considerar el tamaño y el espacio que abarcan las puertas exteriores, no sólo para cumplir con la normativa vigente, también para facilitar el ingreso y salida de personas y muebles del edificio. A veces predomina la necesidad de cerramiento completo, sin filtraciones de aire, por lo cual se deben ajustar todas sus partes. En otras ocasiones toma importancia la seguridad: deben ser robustas y capaces de resistir asedio exterior.

Las ventanas son elementos formados por la estructura y vidrios o cristales, que permiten regular el cierre de un vano, generalmente no transitable. Tienen por finalidad principal proporcionar luz natural, ventilación a las habitaciones y vista al exterior, afectando la apariencia de la vivienda, por lo que la elección de su estilo es importante.

En general, las ventanas deben cumplir más requisitos que las puertas, porque van hacia el exterior. Esto implica que están expuestas a los agentes nocivos de la intemperie como lluvia, viento y sol.

Toda ventana debe asegurar estanqueidad mínima al aire e impermeabilidad absoluta al agua. Por seguridad deben ser sometidas a los ensayos especificados en normas (agua: NCh 888E Of 71 y aire NCh: 446E Of 77). Las ventanas deben ser capaces de resistir cargas producidas por el viento y empuje debido a su uso y eventuales choques de asedio exterior. La normativa chilena exige el cumplimiento de la NCh 889 E Of 71 (de resistencia mecánica), NCh 891E Of 71 y NCh 892E Of 71 (de estanqueidad).

Idealmente, deberían contar con el sello de calidad de una institución de prestigio y reconocida competencia.

22.2 CONDICIONES A CUMPLIR

22.2.1 Lumínicas

Las puertas y ventanas con vidrios o cristales ofrecen luz y vista a los ocupantes cuando son de tamaño adecuado y están emplazadas en la ubicación correcta.

La iluminación de una habitación con luz natural depende de varios factores: zona geográfica, orientación, luz directa, luz reflejada del exterior y reflectancia del recinto interior, entre otras. Estos factores, más los requerimientos de uso en la habitación, determinan forma arquitectónica, tamaño, ubicación y tipo de ventanas en los paramentos de una vivienda.

En general, las ventanas de forma vertical proporcionan mayor cantidad de luz diurna y las horizontales mayor homogeneidad en el interior. Resulta relevante la dimensión y ubicación de los elementos componentes de la ventana de madera, ya que pueden incidir en un porcentaje importante de obstrucción de luz del vano.

Ciertos recintos requieren ventanas de grandes dimensiones y libres de obstrucciones para permitir la entrada de luz natural. Las salas de estar y comedores necesitan normalmente superficies de ventana superiores al 10% de la superficie en planta de la habitación. Otras dependencias como dormitorios, lugares de trabajo y espacios familiares o juego, requieren ventanas con dimensiones mínimas, equivalentes al 5 % de la superficie del lugar. Estos requerimientos permiten espacios interiores saludables que tienen en cuenta el bienestar integral de sus ocupantes.

22.2.2 Ventilación

Las ventanas también proporcionan un medio de ventilación natural, ya que permiten que el aire exterior fluya hacia el interior, logrando una circulación y renovación del aire. Las ventanas que se abren pueden eliminar la necesidad de instalar mecanismos de ventilación durante las estaciones de mayor calor.

En la mayoría de los lugares donde las ventanas se utilizan para proporcionar ventilación natural, éstas deben estar libre de obstrucciones y con capacidad de poder abrir una superficie mínima, en función del tipo de recinto (baños, sótanos, cocinas) y de su superficie.

22.2.3 Acústicas

Las ventanas también deben cumplir con condiciones acústicas que permitan evitar o disminuir el nivel sonoro del exterior hacia el interior de las viviendas.

La protección acústica depende de variables como nivel de ruido externo, resistencia acústica de los componentes, hermeticidad y materiales constitutivos. Frente a estas exigencias o requerimientos, la madera es un material conveniente.

En general, para una mayor protección se recomienda:

- En paramentos exteriores, procurar un mayor aislamiento acústico por diseño y la correcta elección de materiales.

- En la superficie de vidrios o cristales, colocar dos láminas de vidrios de diferente espesor, sea en una o doble ventana, como forma de atenuar el ruido.

- En uniones, solucionar el problema de estanqueidad al aire, el que es proporcional a la penetración acústica.

22.2.4 Térmicas

Las ventanas representan el aspecto más débil de una vivienda desde el punto de vista de la aislación térmica, debido al reducido espesor de sus elementos constitutivos, al poco peso y baja resistencia térmica del vidrio. Sin embargo, si se usan materiales de baja conductividad como la madera, resulta más favorable.

Relacionado con lo anterior, es importante considerar en el diseño la región geográfica, zona climática a que pertenece, superficie recomendable de ventanas en relación a la superficie del piso y/o superficie de los paramentos verticales del recinto y orientación de las ventanas.

Para una mejor protección térmica se debe tener presente las pérdidas de calor en invierno y ganancias de calor en verano. Mediante el correcto diseño de ventanas se pueden evitar grandes fluctuaciones de temperatura que elevan el gasto de energía en calefacción y deterioran la habitabilidad de la vivienda.

Además, es muy significativo el tipo de vidrio utilizado, generalmente el cambio de vidrio simple a doble permite mejorar sustancialmente las condiciones térmicas del recinto. Por otro lado, se debe especificar correctamente los elementos secundarios, los que son claves para el cumplimiento de esa condición. Por ejemplo: sellos, especialmente al considerar durabilidad y mantenimiento.

22.2.5 Resistencia a cargas de viento

La ventana debe estar diseñada para que las deformaciones producto de la diferencia de presión entre su cara interior y exterior, en función de su superficie, no sean superiores a 1/300 de la distancia entre apoyos y no dejen deformaciones permanentes, o sea, tenga capacidad de recuperarse cuando deje de actuar el viento. Además, las ventanas deben ser capaces de resistir vientos de temporales (hasta velocidades de 150 km/h) durante tres períodos, de manera que las deformaciones de cada uno de ellos y las permanentes no sean apreciables.

22.2.6 Precaución a la propagación de fuego

Las ventanas ofrecen el beneficio de la luz, vista, y ventilación, entre otros, pero también presentan desventajas por el riesgo de propagación de fuego a viviendas vecinas y/o recintos adyacentes. Por ello, la normativa establece límites estrictos para la superficie de vidrios y/o cristales que pueden instalarse en paramentos próximos a los límites de la propiedad, según su distancia a estos límites y el área total del paramento.

22.2.7 Medio de escape

Las ventanas también pueden ser utilizadas por los ocupantes de una vivienda como vía de escape en casos de emergencia. Esas ventanas deben abrir hacia el exterior sin ningún mecanismo especial y contar con una abertura mínima superior a 0,35 m2, libre de obstrucciones, para permitir el paso de una persona.

Las ventanas diseñadas como medio de escape deben tener una altura máxima de antepecho (por ejemplo: 1m por sobre el nivel de piso) y estar emplazadas a una distancia máxima por sobre el nivel de piso exterior.



UNIDAD 22
PUERTAS Y VENTANAS

22.2.8 Requisitos básicos

Las ventanas, independientemente de su tamaño, tipo o material empleado, deben cumplir una serie de requerimientos básicos que permitan garantizar el cumplimiento de su objetivo y durabilidad esperada. Estos requisitos básicos son:

- Resistencia al alabeo
- Facilidad de maniobra
- Resistencia en el plano de las hojas
- Resistencia del sistema de giro
- Seguridad en ventanas de eje horizontal inferior
- Resistencia a la flexión en ventanas de corredera y guillotina

Los requisitos mencionados no se deben exigir a todas las ventanas, sino que dependerá de su tipo.

Esos requerimientos deben ser certificados en laboratorios competentes y acreditados. Idealmente las ventanas deben tener sellos de calidad que garanticen un buen comportamiento.

22. 3 PUERTAS

22.3.1 Clasificación según material

Según el material empleado en las hojas utilizadas para cerrar el vano, podemos distinguir los siguientes tipos de puertas:

22.3.1.1 De madera

- De tablero, formada por un bastidor que recibe planchas de madera, llamadas tableros, en una hendidura central.

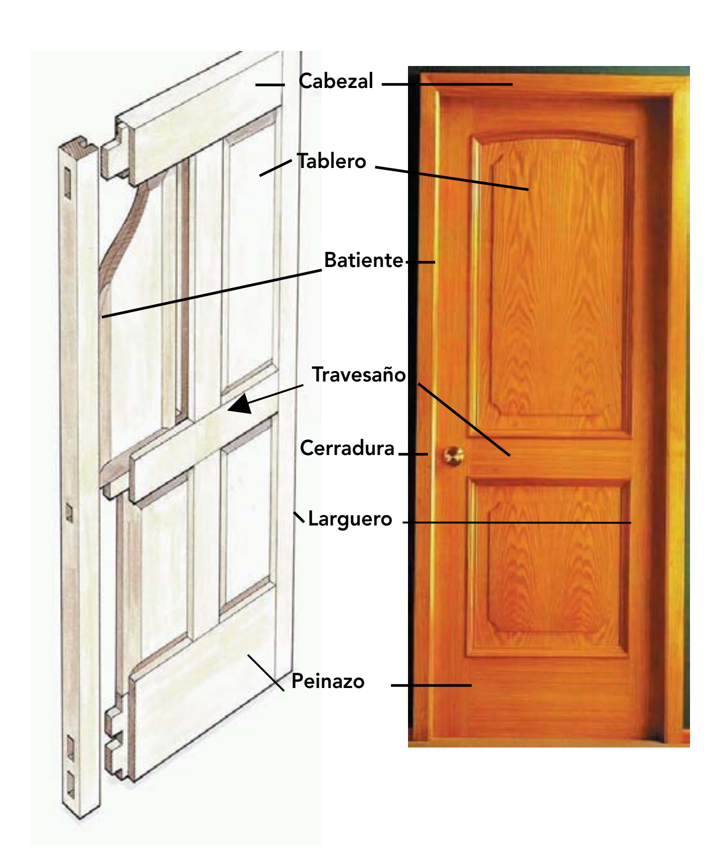


Figura 22 - 1: Hojas de puertas de tablero con sus componentes.

Su parte principal es el bastidor, formado por dos elementos verticales o largueros y varios horizontales o travesaños que fijan los tableros. Según norma, el larguero es donde se colocan las bisagras y batiente, es el larguero opuesto. El cabezal es el travesaño superior y peinazo el travesaño de mayor ancho, generalmente ubicado en la parte inferior y en algunos casos, a la altura de la cerradura. El espesor más frecuente del bastidor es de 45 mm, el ancho de largueros y travesaños 90 mm y del peinazo, 190 mm.

Los elementos del bastidor generalmente van unidos a través de un ensamble de caja y espiga, a menudo con una clavija de madera como refuerzo.

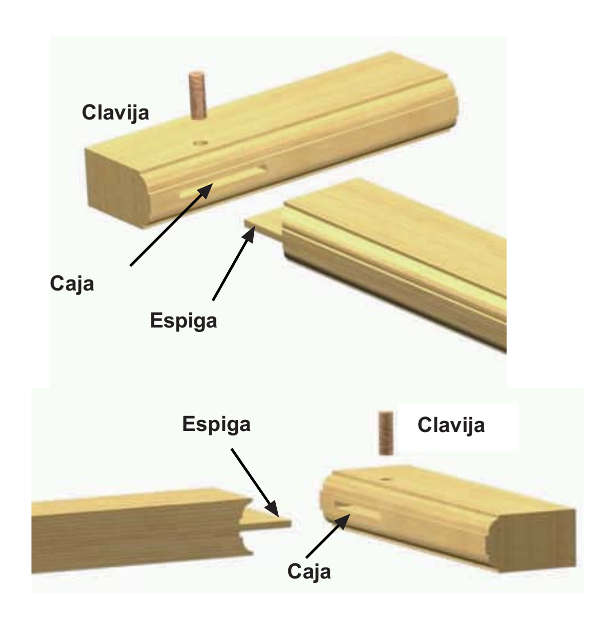
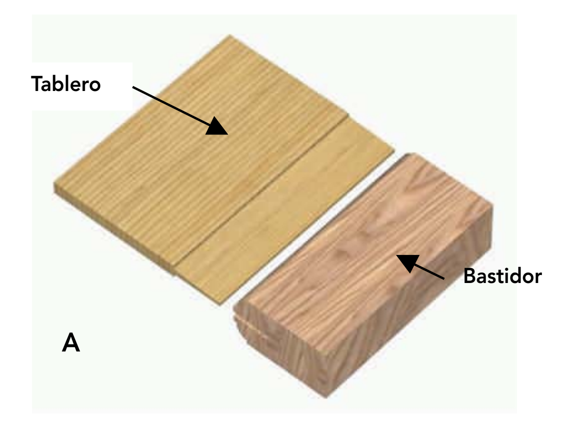


Figura 22 - 2: Piezas del bastidor de la puerta con unión llamada caja y espiga.

Los tableros están formados usualmente por la unión de varias tablas para obtener el ancho deseado, el que conviene reforzar con tarugos. Sus bordes, de menor espesor y caras inclinadas, se insertan en la ranura de los largueros y travesaños, sin adhesivos, para permitir los cambios volumétricos por las variaciones de la humedad ambiente. En la actualidad, para formar tableros se usan placas especiales de madera contrachapada, aglomerada, enchapada u otras.



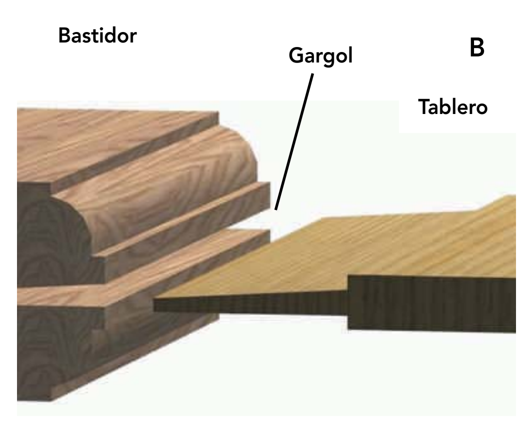


Figura 22 - 3: El tablero se aloja en la ranura de los largueros y travesaño, llamada gargol, como lo muestran las vistas A y B.

La madera más empleada en la confección de puertas es raulí, por su baja deformación, buena resistencia y apariencia. También se utiliza el lingüe y Pino radiata, entre otras especies.

- De placa, sus caras están formadas usualmente por láminas de madera contrachapada de espesor reducido, separadas y sostenidas de diversas formas. Estas pueden ser parcialmente vidriadas o tener celosías para permitir el paso de aire y luz.



Figura 22 - 4: Diferentes almas de una hoja de puerta de placa. A) Virutas de madera en espiral B) Tablillas de madera dispuestas en forma de zig-zag.

Estas puertas son más económicas que las anteriores, su principal debilidad es que no deben estar expuestas al exterior, ya que la humedad afecta los pegamentos de las chapas de terciado. Hoy día existen en el mercado adhesivos capaces de satisfacer estas necesidades.

Llevan un bastidor de madera, al menos en su perímetro, y un suple para la cerradura en uno o ambos bordes longitudinales.

El alma de esta placa, entre las dos caras de madera terciada, puede adoptar diversas formas con el objetivo de crear pequeños tabiques divisorios, adheridos a las placas de contrachapado para obtener la rigidez del conjunto.



Figura 22-5 : C) Chapas de madera o láminas de plástico conforman el llamado panal de abejas. D) Tablillas de chapa de madera dispuestas en forma rectangular.

En estas hojas, gran parte de su resistencia mecánica es soportada por sus planchas exteriores.

En general, los vanos se especifican en módulos de 5 ó 10 cm, tanto en altura como en ancho, por lo que las hojas deben ser inferiores a estas dimensiones, usualmente, 2 cm en su altura y 3 cm en su ancho. El espesor total de la hoja fluctúa entre 32,40 y 45 mm.

La normativa permite un error máximo o tolerancia en el largo y ancho de + 3 mm y en el espesor, de ± 0,8 mm. En cuanto a su condición de rectangularidad: ésta es de 3 mm, rectitud de los cantos 1,5 mm y planeidad de sus caras 1,5 mm.

La norma chilena (NCh 723 Of 70) establece una serie de exigencias respecto de la rigidez transversal, resistencia al impacto, comportamiento de las diferentes uniones y humedad en el momento de la recepción.

22.3.1.2 De metal
Pueden tener un bastidor metálico y como las de madera, pueden ser lisas o de placa. Generalmente de acero, aluminio u otras aleaciones.

22.3.1.3 De poliviniílico rígido (PVC)
Similares a las de madera o metal y pueden tener diversas características. También se les denomina inadecuadamente de plástico.

22.3.1.4 De cristal
La hoja entera puede ser una plancha de cristal con sujeciones especiales.

22.3.1.5 Mixtas
Aparte de los materiales indicados hay puertas heterogéneas, combinadas de distintas maneras. De madera y aluminio o de madera y PVC.

Generalmente son puertas especiales, aptas para condiciones específicas como impedir el paso del fuego, aislantes al ruido y la temperatura y puertas de seguridad.

22.3.2 Clasificación según forma de abrir:
Resulta conveniente clasificar las puertas de acuerdo al tipo de movimiento que realizan para cerrar o abrir.

22.3.2.1 Giratoria:
En este caso el movimiento es en torno a un eje vertical u horizontal por medio de bisagras de quicio o pivote (Figura 22- 6).

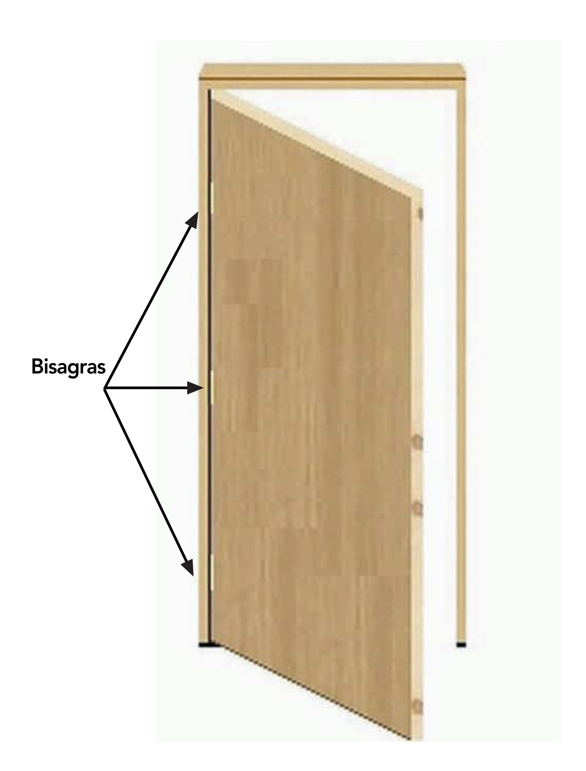


Figura 22 – 6 : Movimiento giratorio en torno al eje vertical que forman las bisagras.

22.3.2.2 Corredera:
En esta situación, la puerta se desliza a lo largo de rieles o guías. Puede ser de posición vertical y horizontal (**Figura 22- 7**).

En general, estas puertas se deslizan sobre el borde inferior de un riel en forma de T invertida. Por este motivo se incorpora en ese canto un sistema de ruedas con garganta o similar, para facilitar el deslizamiento que se ajusta sobre el riel. En cambio, el borde superior se desliza a lo largo de un canal previamente preparado. Generalmente se usan en clósets.

Para garantizar el buen funcionamiento, es conveniente que las puertas no sean altas y angostas, sino cercanas a la forma cuadrada, con sus ruedas o apoyos adecuadamente separados. Cuando estas puertas son pesadas, es conveniente colgarlas desde un riel ubicado en su borde superior. Usualmente usadas en portones.

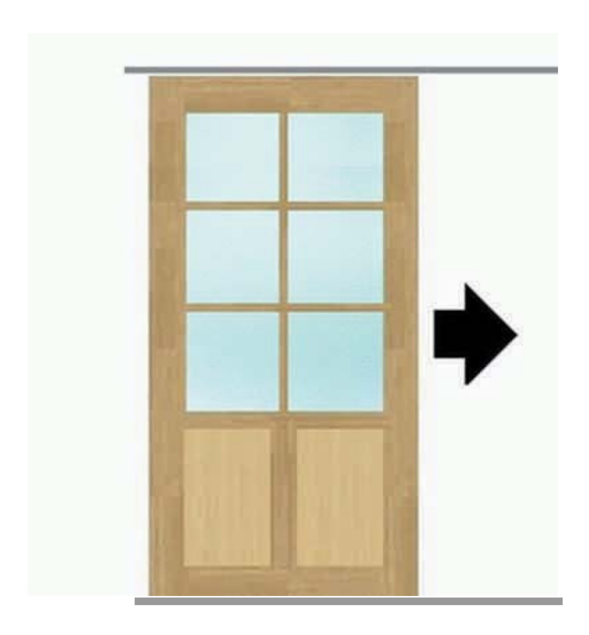


Figura 22 – 7: Puerta corredera, que realiza el movimiento deslizante mediante uno o dos rieles.

22.3.2.3 Movimiento compuesto:
De eje vertical y guía horizontal o de eje horizontal y guía vertical (**Figura 22-8**). Generalmente usadas en accesos a zonas de estacionamiento.

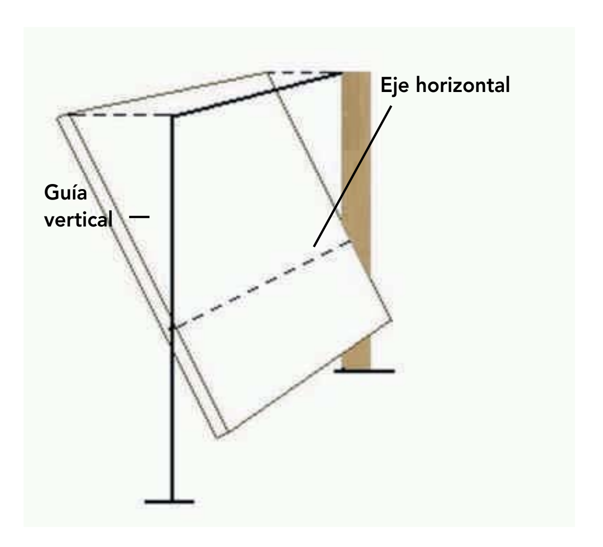


Figura 22 – 8: Puerta que se mueve en torno a ejes horizontales, deslizándose en guías verticales.

22.3.3 Marcos de madera para puertas
Son elementos unidos al muro en el perímetro del vano que, a excepción del piso, rodean las hojas de la puerta en sus dos costados y en su borde superior o dintel.

En muros de poco espesor o tabiques es frecuente disponer un marco del ancho total de éste.

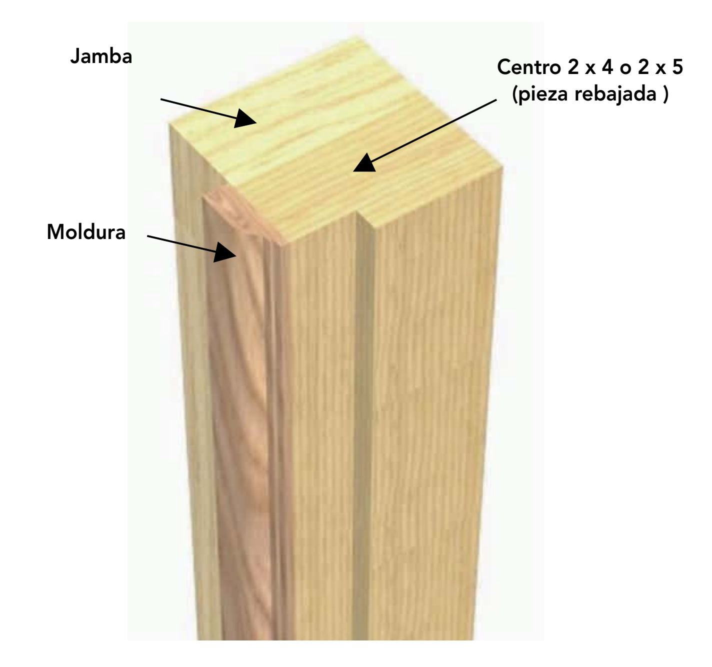


Figura 22 - 9: En muros o tabiques de poco espesor, el marco que cubre todo su ancho se denomina "centro ".

Las escuadrías más frecuentes utilizadas en madera son 2" x 4" y 2" x 5", de diferentes especies, especificadas en milímetros, con el correspondiente rebaje para la hoja de puerta, indicado como marco rebajado, para diferenciarlo del marco compuesto.

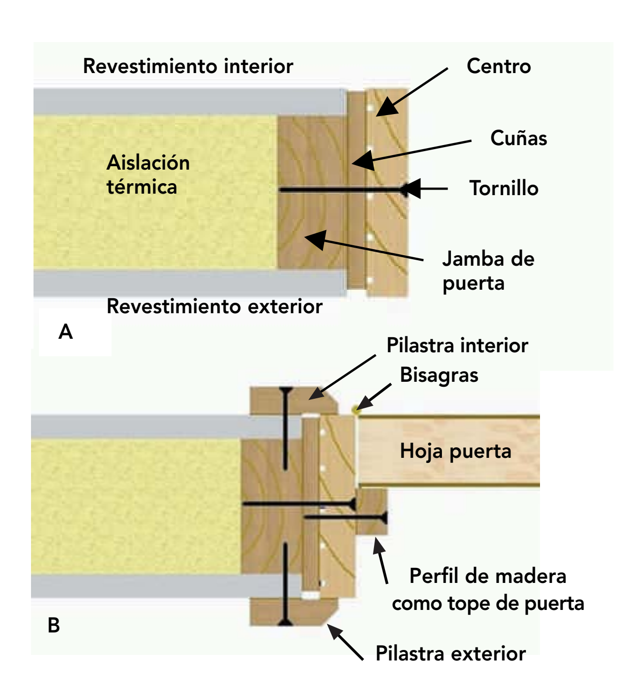
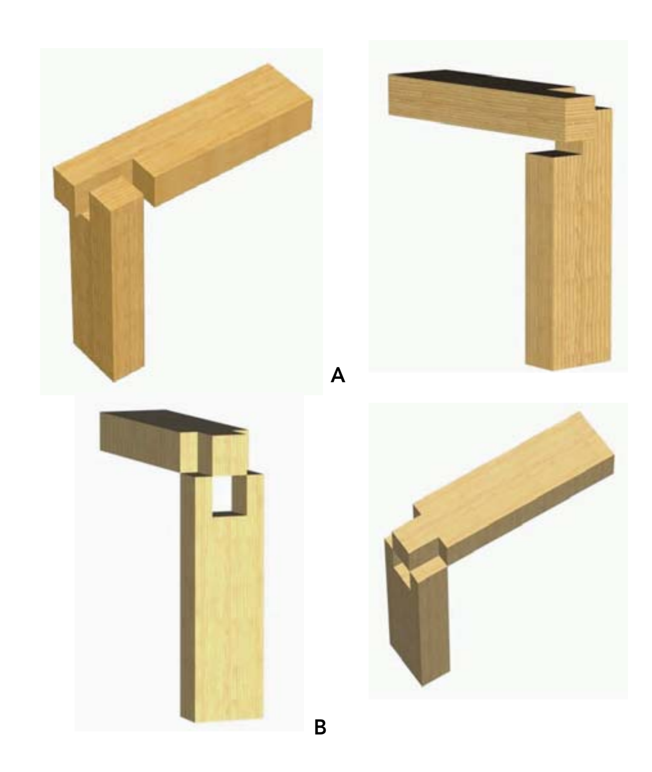


Figura 22 – 10: A) Fijación del centro a la jamba de puerta mediate tornillos o clavos. B) Terminación del centro con pilastras que cubren la junta entre el centro y el revestimiento del tabique.

Es conveniente que la unión de estas piezas sea a través de ensambles adecuados, como por ejemplo, de quijera.



Figura 22 - 11 : Ensamble de quijera con inglete, se diseña en el caso que las caras del marco estén a la vista.



el trazado que marca este nivel, +1,00 m del NPT. Esta altura debe corresponder al nivel interior del rebaje del marco para dejar una distancia libre, equivalente a la altura de la hoja.

Se debe verificar si las jambas tienen altura suficiente para que descansen sobre la base del piso. Verificada su altura, colocando suples en el extremo inferior si fuese necesario, el marco quedará siempre apoyado mientras dure el proceso de fijación. Además, se debe verificar la horizontalidad del dintel y la verticalidad de las jambas, con ayuda del nivel carpintero y plomada mecánica.

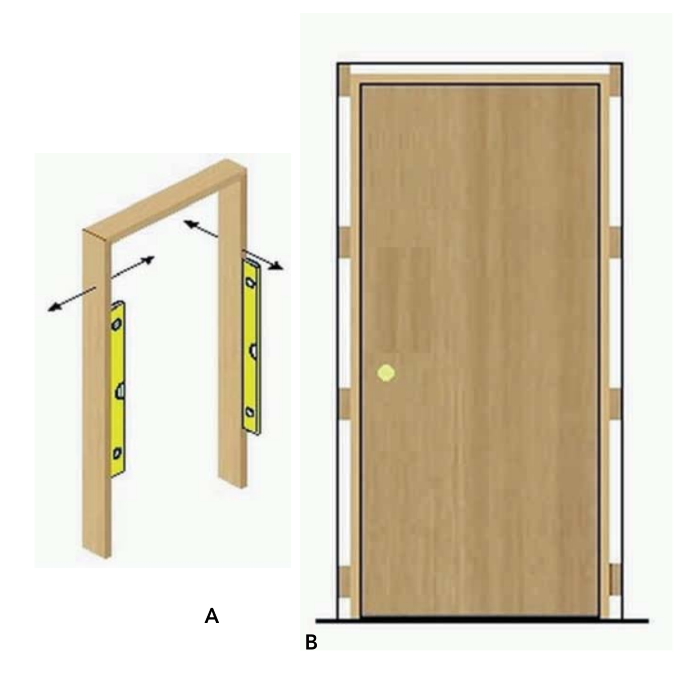
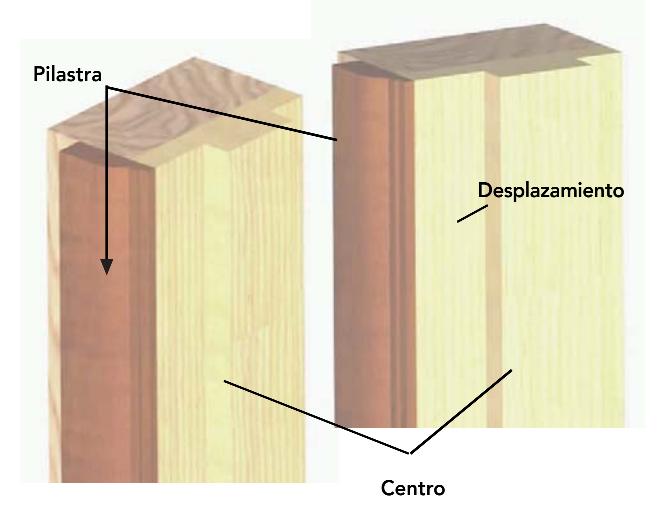


Figura 22 - 13: Figura A, control geométrico de la instalación del marco. Figura B, colocación de cuñas entre el marco y las jambas del tabique.

Es importante que el marco quede bien ajustado en el vano, evitando espacios excesivos que permitan el paso del aire de un lado a otro, una huelga no mayor de 5 mm, que será rellanada desde ambos paramentos con lana de roca o vidrio para no disminuir la condición térmica y acústica del recinto.

Para cubrir la junta entre puerta o ventana y jamba, es necesaria la colocación de una moldura que recibe el nombre de pilastra. Es conveniente que la pilastra quede des-plazada algunos milímetros del canto del marco, dejando visible un borde de éste, con objeto de formar una pequeña cantería que disimule la unión.



Habitualmente se practica un agujero preliminar de menor profundidad y diámetro al tornillo a utilizar con la herramienta adecuada, de manera que éste abra su propio camino entre las fibras de la madera con su rosca cónica, para que ofrezca mayor resistencia en las últimas vueltas. Para puertas de hojas de 45 mm de espesor se instalan tres bisagras de 3 1/2" o 4" tipo plana, con pasador removible para facilitar el retiro de la hoja sin tener que sacar los tornillos. El elemento cilíndrico que rodea el pasador de la bisagra, se deja fuera del espesor de la puerta (**Figura 22- A**). A veces la pala de la bisagra cubre todo el canto de la puerta y otras veces queda un pequeño borde, de manera que estéticamente dé un mejor aspecto (**Figura 22 - B**).

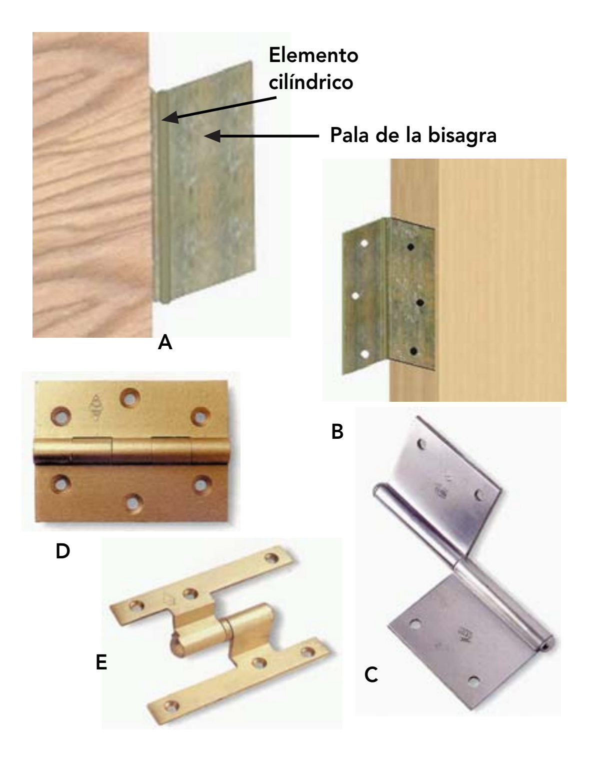


Figura 22 - 15: Diferentes dispositivos de giro aplicable a puertas y ventanas, bisagra pomel (A y B), de clavija (C), bisagra corriente con pasador incorporado (D) y bisagra en H, con pasador menor que las palas, que permite que quede un mayor distanciamiento entre el marco y la hoja de la puerta (E).

Es conveniente distribuir a lo menos, tres bisagras a lo largo de la batiente de la puerta, a una distancia aproximada de 20 cm medida desde cada extremo de la misma y la tercera en el centro. El rebaje a efectuar para alojar las bisagras en el canto de la hoja debe tener el mismo espesor de la pala. Es importante realizar esta actividad con las herramientas y precisión requeridas, para obtener la terminación adecuada.

Los tornillos deben ser los apropiados para el tipo de bisagra utilizada y terminación requerida. Mientras más blanda sea la madera de la hoja, mayor debe ser la longitud del tornillo utilizado.

Para fijar al marco la hoja con sus bisagras incorporadas, es útil colocar un tornillo más corto en cada bisagra, previo a hincar todos los tornillos para verificar que la hoja funcione y ajuste, sin necesidad de efectuar un nuevo ajuste. Luego se procede a atornillar de manera definitiva las bisagras al marco.

Es conveniente verificar que los pasadores de las tres bisagras formen un eje vertical para que la hoja gire correctamente. Cualquier desviación del marco o de la hoja que afecte el lineamiento de las bisagras, dificulta el libre movimiento de la puerta.

- **Cerradura de puertas**
  Para evitar que la puerta se abra en diversas circunstancias existe una variada gama de cerraduras y accesorios con distintos grados de seguridad.

  Las distintas clasificaciones existentes indican las siguientes cerraduras: sobrepuestas o de parche, las que pueden ser con pestillo y picaporte o de golpe (sólo picaporte), **Figura 22 - 16 A**; embutidas de guardas o de cilindro, **Figura 22- 16 B**; y tubulares, que son las de empleo más frecuente en la actualidad, **Figura 22 - 17**.

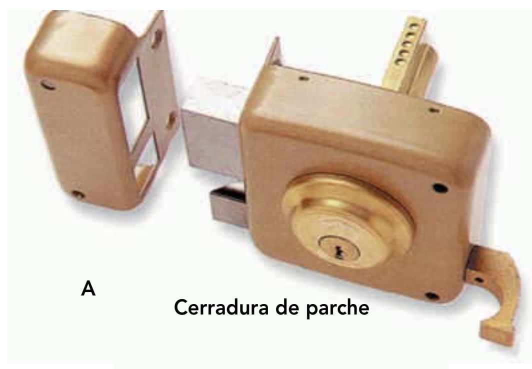
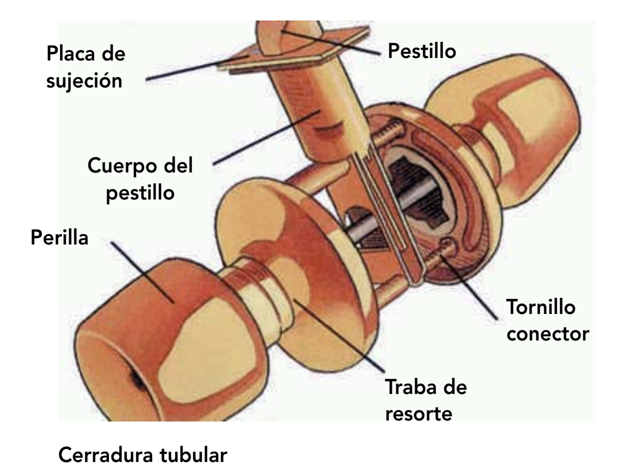




Figura 22 -16: A) Cerradura de parche con caja y pestillo. B) Cerradura embutida para puertas interiores.



Cerradura tubular

Figura 22 - 17: Cerradura tubular de paso, con o sin pestillo de seguridad con llave. Generalmente no requieren mantención.

La colocación de esta última cerradura se inicia con dos perforaciones de sección circular perpendiculares entre sí, que pueden venir de fábrica si se han especificado previamente. Una de estas perforaciones, la de mayor diámetro, alojará la caja principal de la cerradura, y la de menor diámetro, con su centro a la misma altura que la anterior, alojará el sistema de pestillo o picaporte.

Para la colocación de la placa frente al pestillo en el canto de la puerta, se debe ejecutar un rebaje del mismo espesor de la placa, por lo que su correcta demarcación es indispensable para obtener una buena terminación. En el marco se debe fijar el cerradero que permite alojar el pestillo de la cerradura, teniendo en cuenta las mismas indicaciones y precauciones mencionadas.

Marcado el contorno del agujero del cerradero en el marco de la puerta, se efectúa la hendidura correspondiente, verificando que funcione correctamente el pestillo antes de colocar definitivamente el cerradero en el marco de la puerta.

- **Puertas exteriores**
  Las puertas exteriores, al igual que las ventanas, generalmente contribuyen a la apariencia exterior de la vivienda y en la mayoría de las situaciones se seleccionan en base a estilo y terminación. Con excepción de las puertas hechas a medida, la mayoría de las puertas exteriores se entregan listas para ser colocadas en el vano de la obra gruesa.

22.4 VENTANAS

22.4.1 Generalidades

En la actualidad existe una gran variedad de ventanas que dan origen a varios tipos o estilos. Cada tipo tiene ventajas y desventajas que deben ser tomadas en consideración cuando se determina su uso.

Cada bastidor o conjunto de elementos que conforman una hoja de ventana está constituido por largueros (elementos verticales), travesaños o palillos (elementos horizontales intermedios, que pueden existir o no), cabezal y peinazo (elemento horizontal inferior).

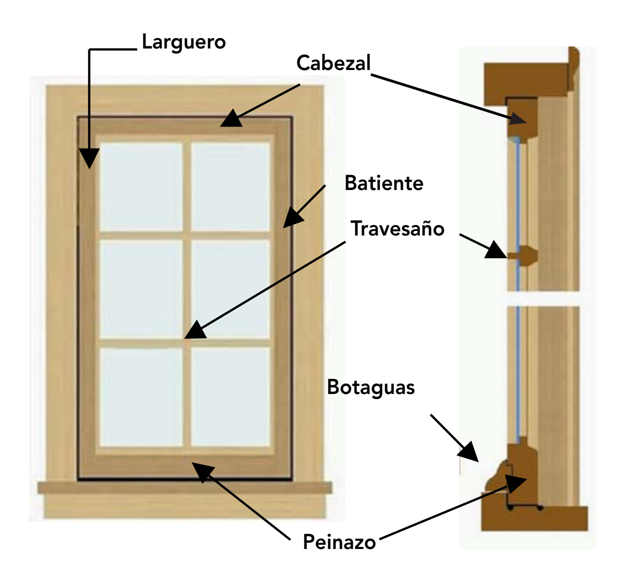


Figura 22 - 18: Nombre de elementos que conforman una hoja de ventana.

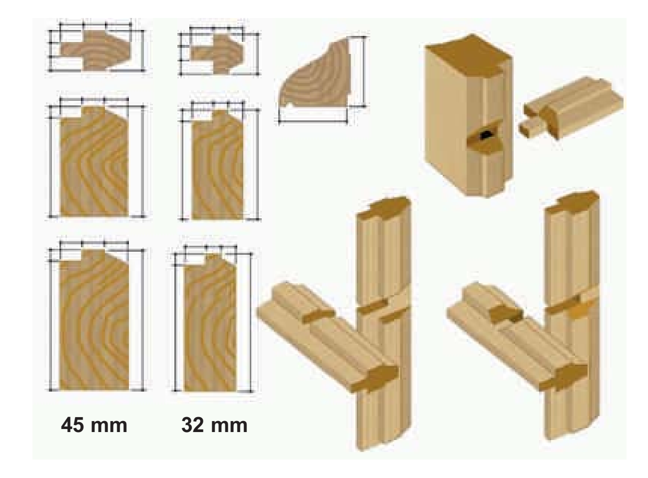


Figura 22 - 19: Las diferentes piezas o perfiles de madera que conforman una ventana, de espesores de 45 y 32 mm.

El larguero es el elemento vertical que recibe las bisagras mientras que el larguero opuesto se denomina batiente.

El marco correspondiente a la estructura que rodea la ventana y que se fija al vano, está constituido por dos piezas verticales denominadas jambas, y dos horizontales llamadas cabios, la superior denominada dintel y la inferior peana. También el marco puede estar dividido por una o más piezas verticales intermedias, llamada mainel o montante o por una pieza horizontal que se conoce como imposta (Figura 22 - 20).

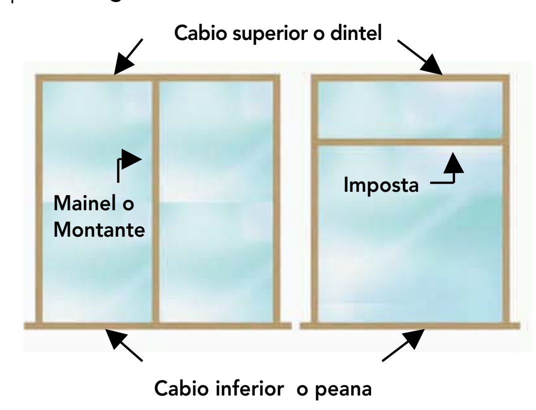


Figura 22 - 20: Piezas que pueden dividir un marco. Vertical llamada mainel o montante y horizontal llamada imposta. En la parte superior de la ventana puede existir el tragaluz.

Cuando el marco abarca todo el espesor del muro o tabique se llama centro, y en los casos en que el marco es de espesor menor que el muro, el marco divide el canto del muro en dos. La franja correspondiente al espacio entre el marco y el borde exterior se llama telar y la que da al interior, generalmente sesgada para aumentar la entrada de luz, recibe el nombre de derrame. El plano horizontal inferior del derrame se conoce con el nombre de alféizar (Figura 22 – 21).

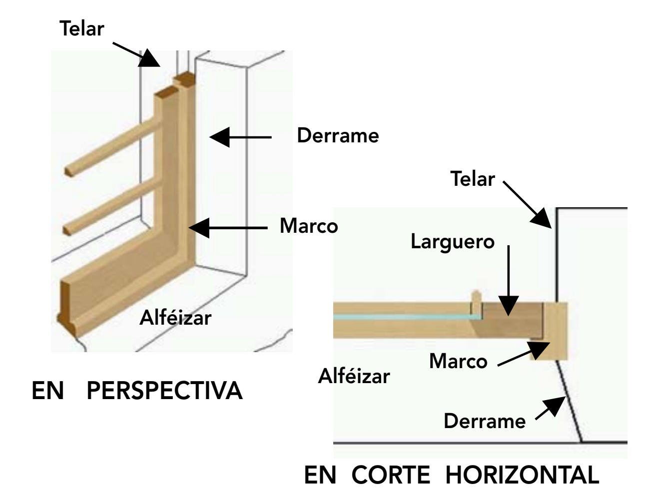


Figura 22 –21: Cuando el rasgo de la ventana por diseño de arquitectura es ancho, el marco divide dicho espesor en la parte llamada telar (interior) y derrame (interior).

22.4.2 Clasificación

22.4.2.1 Ventanas más usadas según tipo de apertura

- **Fijas:** no se abren, son generalmente las más económicas. Ofrecen mejores niveles de conservación de energía y resistencia a una entrada forzada. No permiten ventilación natural (**Figura 22 – 22**).



Figura 22 - 22: Ventana fija.

- **De movimiento giratorio:** respecto de un eje vertical, por medio de bisagras o quicios (pivotes), como ventanas de eje vertical abisagradas que abren hacia el interior o hacia el exterior, y de eje vertical pivotante; o en torno a un eje horizontal como las de eje horizontal abisagradas en su borde superior o inferior y eje horizontal de quicio o pivotantes. Estas ventanas de última generación, están provistas de un mecanismo para su abertura mediante el accionamiento de la perilla que se observa (**Figura 22- 23**).

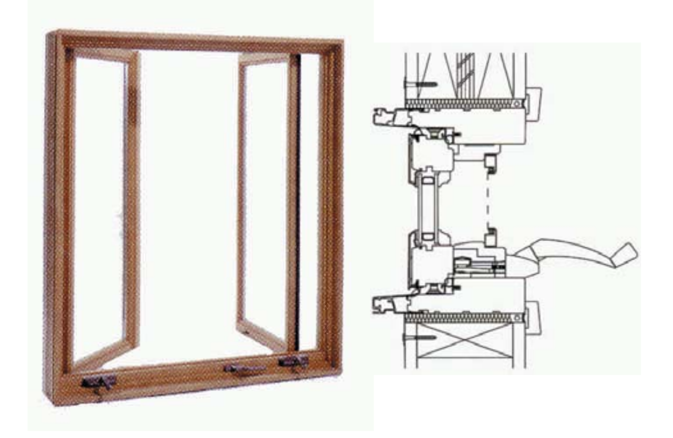


Figura 22 - 23 : Ventana de movimiento giratorio.

- **Ventanas de quicio fijo horizontal:** en esta situación, al girar la ventana en torno a un eje horizontal, la parte inferior se abre hacia el exterior. Esta disposición de la hoja evita la entrada de lluvia, ya que la parte más expuesta de la hoja da hacia el exterior. Ventana de última generación, también prevista del mecanismo especial de abertura (**Figura 22 – 24**).

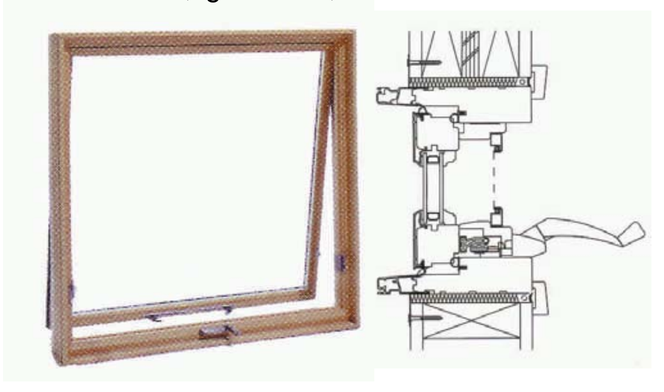


Figura 22 -24 : Ventana de quicio fijo horizontal.

- **De movimiento deslizante:** que pueden deslizarse en guías verticales llamadas ventanas de guillotina simple o doble; en guías o rieles horizontales denominadas ventanas de corredera. Son fáciles de operar y como no sobresalen del vano, evitan posibles golpes, porque no actúan como obstáculo. Las que se deslizan horizontalmente son menos estancas que las anteriores, pues el sello se desgasta más rápidamente por la fricción y peso, **Figura 22 – 25.**

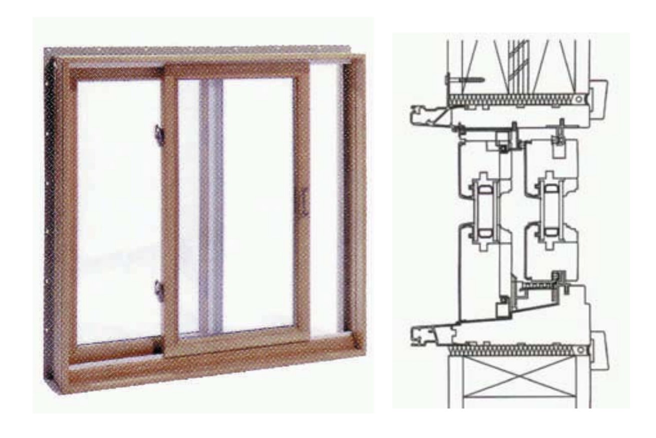


Figura 22 –25: Ventana de movimiento deslizante.

- **Ventanas de guillotina:** son semejantes a las correderas en varios aspectos, la diferencia es que tienen un sistema de contrapesos que se deslizan verticalmente por el interior de una caja de sección rectangular, formando las jambas del marco y cuyo objetivo es equilibrar el peso de las hojas para facilitar la subida o bajada de ellas (**Figura 22 – 26**).

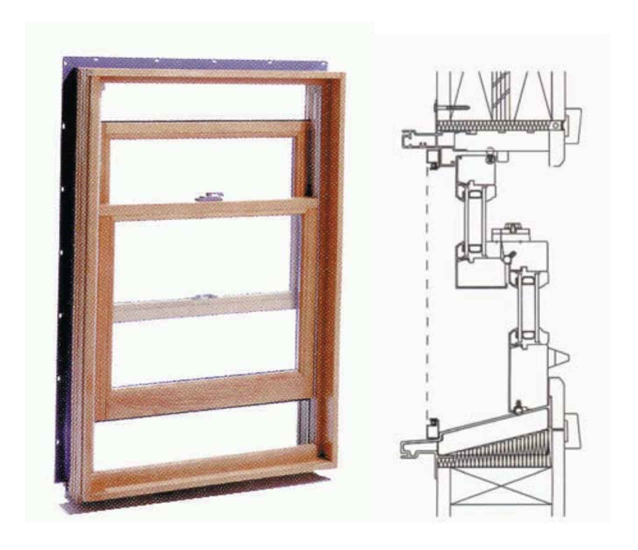


Figura 22 – 26 : Ventana de guillotina.

Con ambas hojas en una posición intermedia, se facilita la renovación del aire del recinto, al formarse un flujo natural de entrada y salida a diferente altura.

Cada hoja de la ventana se desliza sobre un riel en su borde inferior, y bajo un canal o pieza en el marco que se introduce en una cantería en el borde de la hoja. Tanto las hojas como los rieles y los canales son dobles y paralelos.

Entre ambas hojas, es recomendable dejar un espacio de 10 a 15 mm para facilitar el deslizamiento, pero debe ser solucionado su sello en el sentido vertical, es decir, cuando las hojas están cerradas en la zona de traslapo para evitar filtraciones.

La peana, pieza inferior del marco, debe ser más larga y ancha, con un saliente o tope en el borde interior y ranuras para recibir el agua que debe comunicarse al exterior por debajo de los rieles para su evacuación. Se deben usar materiales que tengan la durabilidad requerida, como bronce u otros.

Estas ventanas pueden utilizar cerraduras embutidas en el canto o en el costado de las hojas.

22.4.2.2 Ventanas según el material utilizado en su estructura

- **Madera:** deben emplearse especies que presenten una deformación mínima, con una humedad máxima de 15%. Las más usadas en el país son lingue, raulí, mañío y Pino araucaria.

  La calidad de la ventana está relacionada con la especie maderera a utilizar en su fabricación, lo que influirá directamente en el costo de ésta.

  El uso de coníferas laminadas permite la obtención de una madera con estabilidad dimensional y libre de defectos, que es la tendencia en los países desarrollados.

  La durabilidad y comportamiento de las ventanas frente a las condiciones de humedad, oscilaciones térmicas y radiación solar a que estén sometidas, hace necesario la aplicación de tratamientos preservantes principalmente: impregnación por vacío y presión con sales o solventes que la protejan del ataque de insectos, hongos y difusión (pintura) ya sea brochado o con pistola, aplicando el solvente adecuado.

  Estas protecciones pueden constituir la terminación definitiva o ser base para un pintado posterior, teniendo la precaución que estas protecciones cubran totalmente las piezas de la ventana.

  Como la ventana debe aceptar y controlar ciertos movimientos dimensionales causados por los agentes mencionados, es indispensable un correcto diseño y especificaciones técnicas adecuadas.

  Las diversas partes de la hoja se unen generalmente a través de ensambles de caja y espiga, a menudo con clavijas de madera en forma semejante a las hojas de las puertas.

- **Metálicas:** de acero, aluminio u otras aleaciones. Las ventanas de acero generalmente emplean perfiles de doble contacto y respecto a su fabricación, perfiles laminados o doblados en frío.

  Las ventanas de aluminio ofrecen ventajas por su aspecto agradable, liviandad y resistencia a la corrosión. Los perfiles disponibles son más variados y complejos por el procedimiento de extrusión que se utiliza en la fabricación.

- **P.V.C:** fabricadas en perfiles de policloruro de vinilo, incorporadas al mercado desde hace una década en Chile. Presentan una excelente resistencia a la intemperie y son de fácil mantenimiento.

- **Mixtas, madera y aluminio o madera y PVC:** han tenido un gran desarrollo tecnológico estos últimos años. Son recomendables para climas de bajas temperaturas.

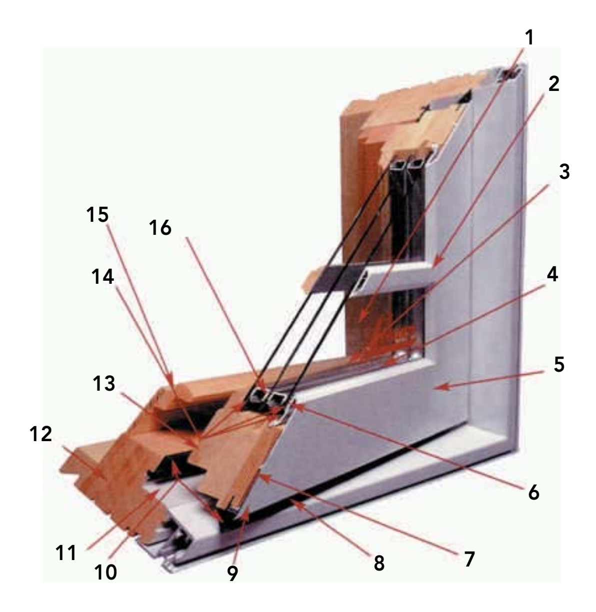


Figura 22 - 27: Ventana de madera y aluminio de última generación.

Detalle de elementos que conforman la ventana según Figura 22 - 27:

1.- Uniones de esquinas, doble caja y espiga, que permiten estabilidad estructural.

2.- Palillaje integrado con el perfil del bastidor.

3.- Vidrios termo-panel con espesor adecuado, evitan pérdida de energía.

4.- Sin calafateo a la vista.

5.- Larguero y peinazo de madera forrado con aluminio, lado exterior.

6.- No hay contacto de vidrio con metal, agregando eficiencia térmica.

7.- Espacio entre madera y aluminio actúa como barrera térmica.

8.- Burlete que permite cierre hermético.

9.- Revestimiento exterior de aluminio, protege los elementos de madera que componen la ventana.

10.- Burlete doble para máxima eficiencia de energía.

11.- Rebaje y protección del marco.

12.- Madera tratada con preservantes para prevenir daños causados por insectos y putrefacción.

13.- Bastidor de madera laminada, reduce los alabeos.

14.- Acristalamiento triple.

15.- Superficie interior de madera natural, se barniza.

16.- Sellado doble del vidrio y junquillo metálico.

22.4.3 Ventanas que abren hacia el exterior

Como la parte del marco que sirve de tope a las hojas queda hacia el interior del vano, colabora en forma natural a impedir la filtración de la lluvia hacia el interior del recinto (Figura 22- 28).

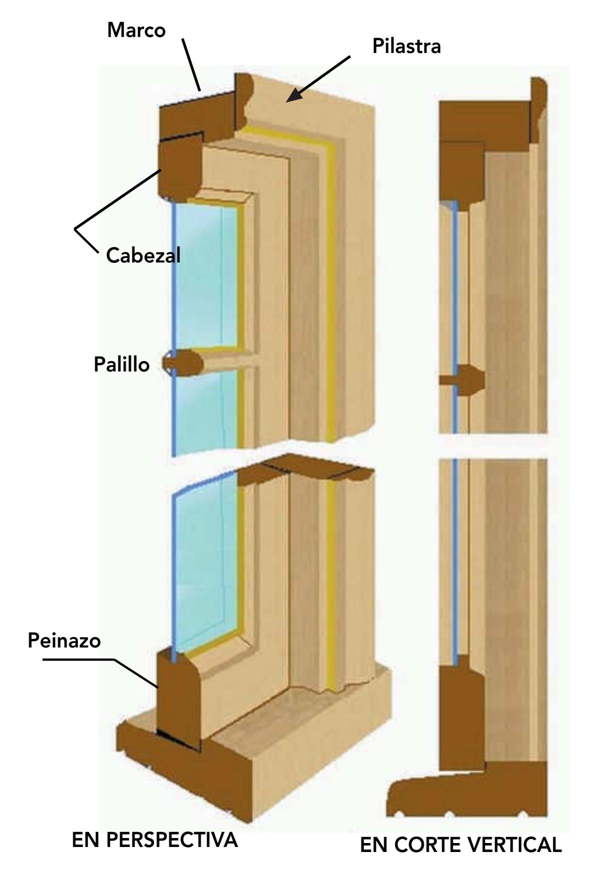


Figura 22 - 28: Ventana que abre hacia el exterior. Corte en perspectiva, mostrando la posición de la hoja en el marco.

Por la misma razón, se aconseja poner los vidrios por el exterior, de manera que las posibles filtraciones entre estos y el palillaje, no penetren hacia el interior (**Figura 22 - 29**).

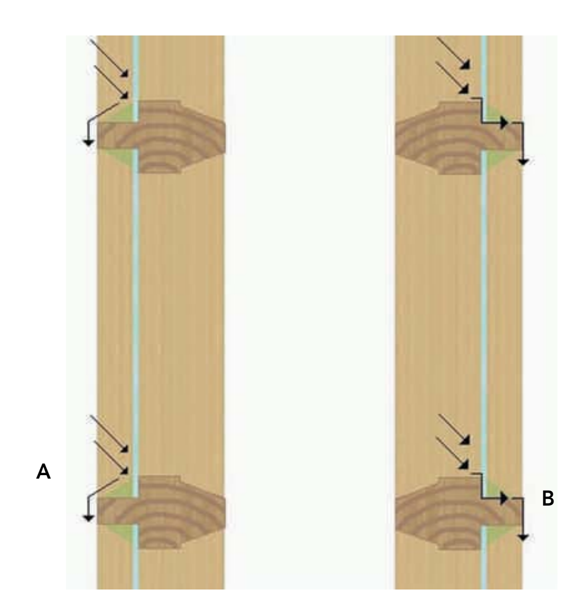
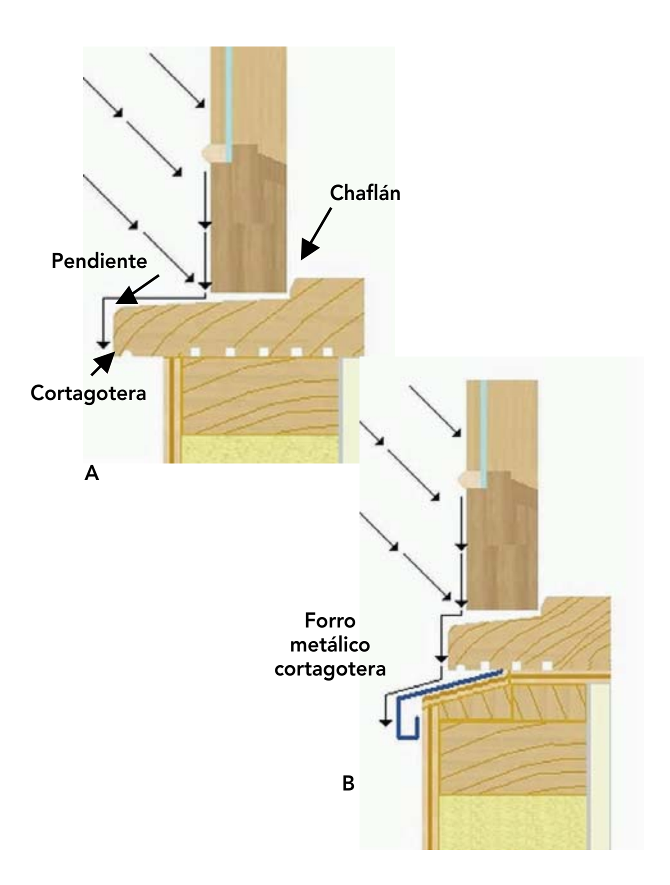


Figura 22 - 29: Vidrios deben ser siempre instalados hacia el exterior como en la Figura A. Si se instalan al revés, el agua puede penetrar hacia el interior como en la Figura B.

Por otro lado, esta solución no permite seguridad, al poder sacar los vidrios con cierta facilidad por el exterior, favoreciendo la entrada forzada. Otro inconveniente menor, es el aspecto poco estético de la masilla o silicona que se usa para fijar vidrios, pero se resuelve utilizando junquillos de la misma madera empleada.

La peana (elemento horizontal inferior) es generalmente más larga que el dintel, puesto que casi siempre sobresale de las jambas. Su escuadría también es más ancha que las otras piezas del marco y su perfil cumple varias funciones. Un pequeño chaflán en el rincón superior facilita la salida del agua de condensación junto con el rebaje de la hoja de la ventana, con una moderada pendiente hacia el exterior. Este borde del marco sobresale del vano y está provisto de una ranura cortagotera que impide al agua de lluvia deslizarse por su cara inferior hacia el interior del muro (**Figura 22- 30 A**).



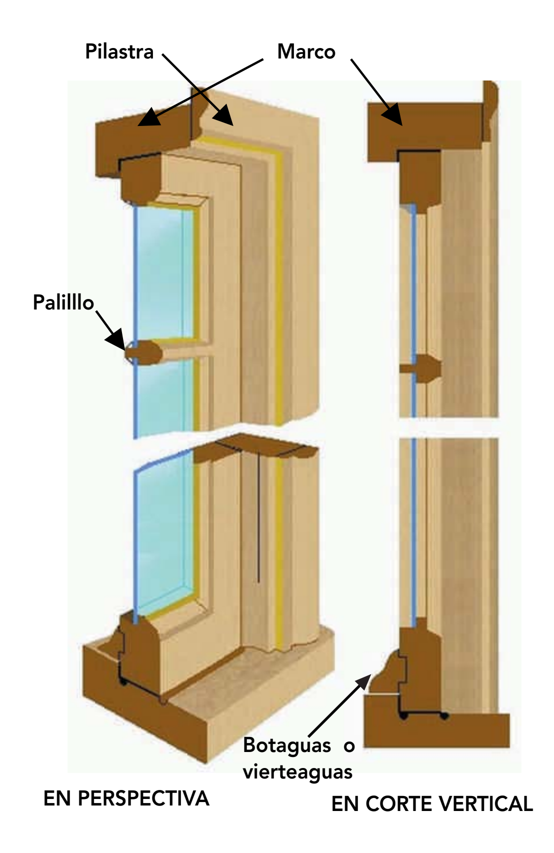


Figura 22 - 31: Ventana que abre hacia el interior. Perspectiva de una sección vertical, en que se aprecian sus partes.

Para solucionar este inconveniente, se coloca un nuevo elemento horizontal sobre la peana, denominado botaguas, cuyo objetivo es evitar que el agua se introduzca al interior.

Este debe ir bien unido al peinazo de la ventana y para unirlo frente a cada traslapo de las hojas de la ventana, se secciona el botaguas con un corte a 45°, siguiendo la dirección del traslapo (**Figura 22 – 32**).

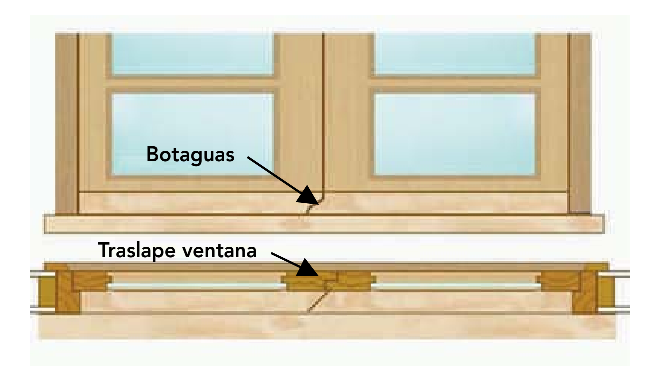


Figura 22 - 32: Para empalmar las partes del botaguas, se hace un corte de 45° frente al traslapo entre las hojas de la ventana, siguiendo su misma dirección.

Para evitar la filtración de agua lluvia, se confeccionan dos ranuras que se agregan en la cara superior del rebaje del marco que recibe la hoja de la ventana (**Figura 22- 33 A**) y deben tener salida al exterior por medio de uno o más conductos de diámetro adecuado a través del marco (**Figura 22 – 33B**).

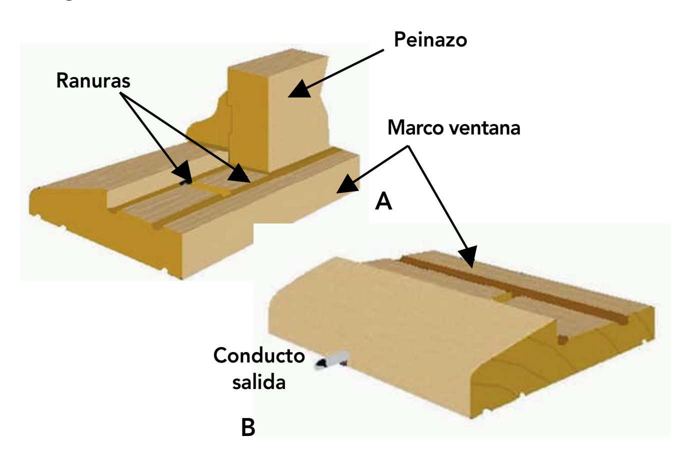


Figura 22 - 33: A) Detalles de las ranuras que reciben el agua de condensación. B) El conducto de desagüe debe tener una sección igual o superior a 50 mm2 por cada m2 de ventana.

La ranura situada al plomo interior de la hoja, recibe el agua de condensación, y la situada bajo el plomo de la juntura del botaguas y el peinazo de la hoja de ventana, recibe las filtraciones producidas en las uniones.

22.4.5 Colocación de las ventanas

22.4.5.1 Generalidades

Por lo general, las ventanas se instalan una vez terminada la estructura de la vivienda y el recubrimiento de techumbre.

Una adecuada planificación debe asegurar la entrega de éstas a tiempo. Sin embargo, puede ser necesario aceptar las ventanas con anticipación, para lo cual se deben tomar las medidas necesarias para su correcto almacenamiento en obra. Se recomienda guardarlas en posición vertical sobre una superficie seca, nivelada y en su embalaje original, conservando los elementos transitorios que se usaron en el transporte. Si deben ser apiladas en el exterior, es conveniente colocarlas sobre una plataforma con espacios para ventilación y cubrirlas para protegerlas del clima, polvo y daños por el movimiento de la construcción.

Previo a la instalación, es importante familiarizarse con las instrucciones del fabricante y asegurarse de:

- Contar con las herramientas apropiadas para su instalación.

- Controlar la geometría del vano y la ventana.

Una adecuada colocación de la ventana asegurará una mayor durabilidad, facilidad de operación y mantenimiento, posibilidad de sustitución o reemplazo y una mejor estética.

Básicamente, existen dos sistemas de ejecución: fijaciones rígidas y flexibles. Las rígidas hacen solidario el marco con la estructura y las flexibles permiten, por medio de las fijaciones, absorber movimientos producidos por dilataciones, empujes horizontales (sismo, viento) y por cambios dimensionales de la ventana. Las deformaciones consideradas para estos efectos se producen en el sentido del plano de cerramiento.

Usar uno u otro sistema de fijación depende de la rigidez del muro o tabique en el cual la ventana va colocada. Indudablemente las holguras deberán ser menores en una estructura de madera con arriostramiento en base a placas, por ser un sistema menos deformable que el del marco.

Los movimientos en el sentido del plano de la ventana se absorben por medio de fijaciones flexibles y sellos. Además, estos permiten salvar las posibles imperfecciones del vano.

La colocación de la ventana en el vano está determinada por el método que se adopte. Esta elección condiciona además el diseño de la unión. Podemos mencionar las siguientes modalidades que generalmente son más empleadas por su facilidad y economía, destacando que existen otras, pero por su costo, tiempo y dificultad, su empleo es poco frecuente.

- Colocar los marcos mientras se ejecuta tabique estructural.

En el caso de tabiques, esta técnica es altamente recomendable en los sistemas prefabricados porque disminuyen las faenas de obra (Figura 22 - 34).



Figura 22 - 34: Colocar las ventanas mientras los tabiques se alzan.

Esta modalidad presenta el peligro de dañar la ventana durante la construcción de otros elementos de la obra, por lo que es necesario protegerla.

- Colocar los marcos después que el vano se haya terminado con las medidas pre-establecidas para posteriormente instalar la ventana en el momento oportuno (Figura 22 -35) .

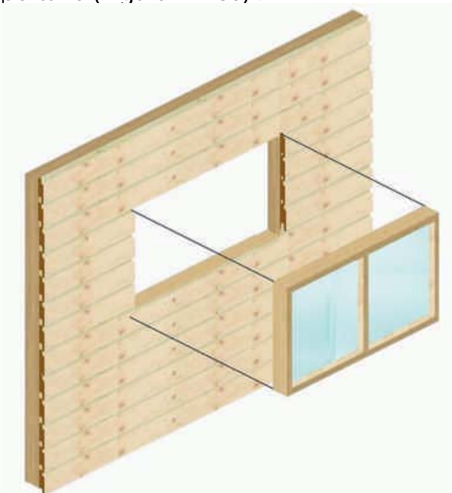


Figura 22 - 35: Conformar los vanos y después hacer la ventana a medida.

El éxito de esta modalidad depende del grado de control dimensional del vano en la obra y de la ventana en fábrica.

- Utilizar plantillas para conformar el vano, colocando posteriormente la ventana. Para esto es necesario disponer de una serie de plantillas de idénticas dimensiones a las de las ventanas, lo cual implica un mayor costo (**Figura 22 – 36**).

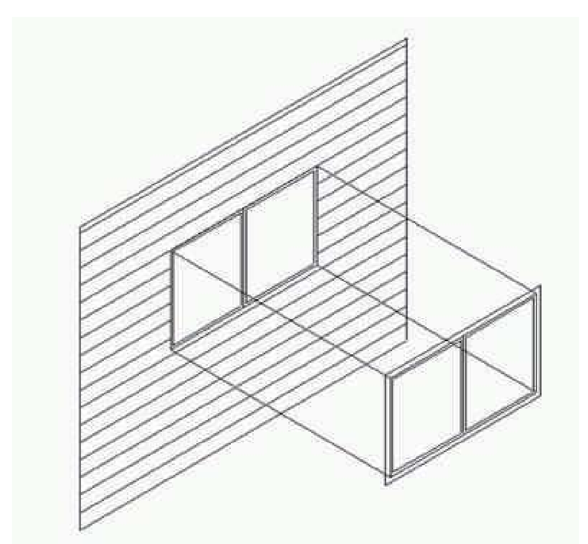


Figura 22 - 36: Ocupar plantillas para conformar el rasgo, colocando posteriormente la ventana.

22.4.5.2 Fijación

En la fijación de la ventana se pueden distinguir tres etapas:

Sujeción, sellado de juntas y botaguas o forros corta gotera.

- **Sujeción:** En la fijación de las ventanas a los tabiques de madera, el punto crítico son las eventuales deformaciones de estas estructuras, las que no deben afectar a la ventana.

  Como ya se mencionó, el grado de rigidez del tabique condicionará el método de colocación de una ventana de madera, por lo cual en la etapa de proyecto, se debe determinar y detallar la correcta solución de fijación y de las terminaciones perimetrales del vano.

Tipos de sujeción:

- **Rígida:** Consiste en la colocación de cuñas de madera entre el marco y la jamba del tabique y elementos de anclaje, (**Figura 22 - 37**).

Generalmente el procedimiento es el siguiente:

- Se procede de igual forma como en la colocación del marco de puerta, con huelga de 5 a 7 mm, colocación de cuñas y se atornilla el marco a la jamaba, dejando cazadas las cuñas entre ambos elementos, (**Figura 22-37**).

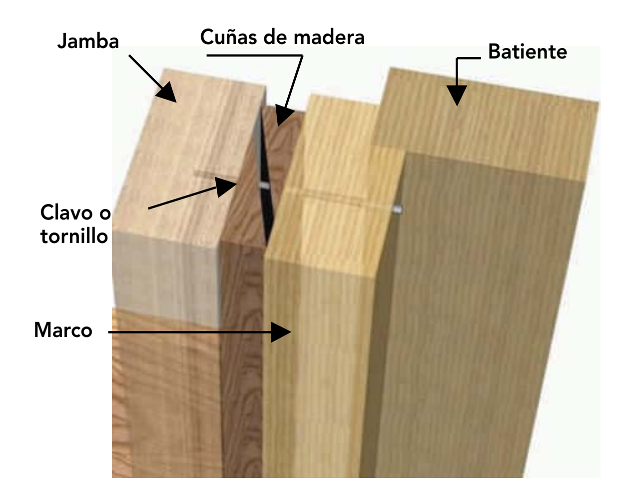


Figura 22 - 37: La colocación de la ventana depende de la rigidez del tabique, la forma de fijarla debe ser definida en la etapa del proyecto. La más utilizada es la sujeción rígida.

- Otra forma es mediante las placas de revestimiento exterior e interior que se sobreponen sujetando al marco. Esta solución exige gran precisión en obra (**Figura 22 – 38**).

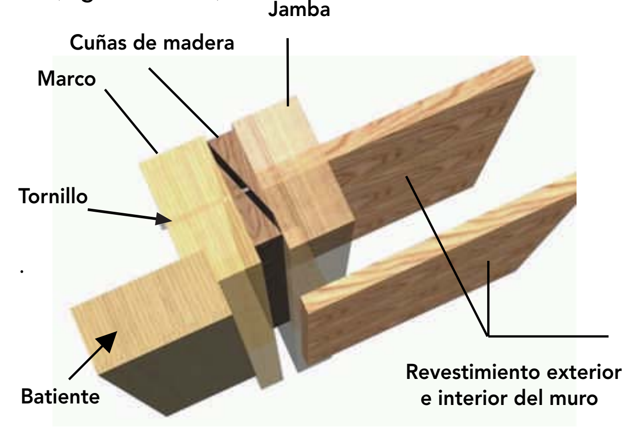


Figura 22 - 38: Sujeción rígida, el revestimiento exterior e interior sujecionan el marco y las cuñas.

- **Flexible:** Sujeción poco común, una de las formas consiste en:
    - Se procede a calar el marco introduciéndole una pletina de espesor de 1 a 2 mm, fijándola a la jamba de la estructura del tabique, **Figura 22 - 39.**

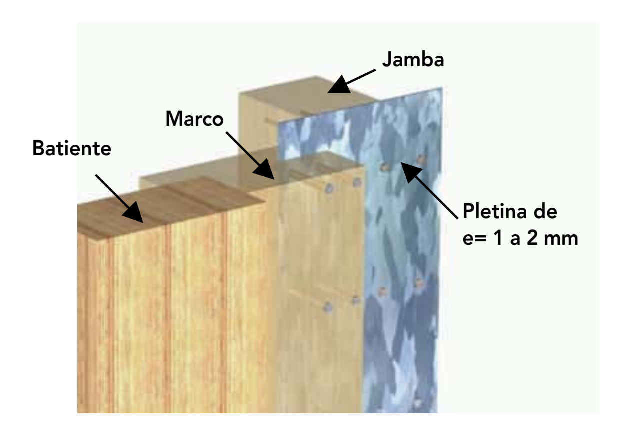


Figura 22 - 39: Sistema flexible.

- **Sellado de juntas:** Estas fijaciones son susceptibles a infiltraciones de aire y agua. Para solucionar este inconveniente se recurre a dos tipos de sellos: preformados o elastómeros (PVC, cordón de cáñamo, espuma plástica impermeable) y elásticos (silicona, poliuretano, caucho polisulfuro, entre otros).

  Los sellos deben ser suficientemente elásticos para absorber las irregularidades de los materiales que forman la junta.

  En las juntas elásticas se coloca un material de relleno (espuma plástica o poliestireno expandido) para disminuir la cantidad de sellante que se denomina "junta seca", **Figura 22 – 40.**

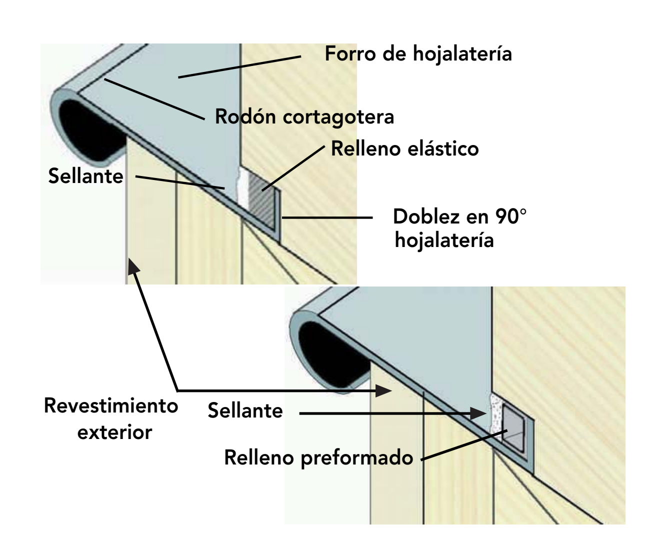


Figura 22 - 40: Tratamiento de juntas con sellos y relleno preformado o elástico.

Otro tipo de sello muy corriente, sobre todo en uniones horizontales, es el confeccionado en base a hojalatería metálica.

- **Botaguas:** El objetivo de esta fijación es impedir la infiltración del agua al cortar el recorrido de ésta en su caída. Puede ser de madera, conformada en la peana o en otra pieza que se le une o de materiales como fierro galvanizado, acero inoxidable, cobre y aluminio, entre otros.

  Pueden ser láminas dobladas en obra o perfiles preformados que van colocados en los dinteles y/o alféizares, para cortar el escurrimiento sobre la ventana o impermeabilizar el alféizar.

Se debe tener especial cuidado en el atraque del botaguas con las jambas del vano, el que por lo general se hace retornar en ángulo, como se aprecia en las **Figuras 22- 41 y 42.**

Otras soluciones que se consideran en la fijación de estos elementos son:

- Utilización de una pendiente adecuada para el material empleado. En madera es recomendable implementar una pendiente de 15° y en metal de 5°, fijado con gancho o listón para sujeción y retorno impermeable, contra el marco o peana de la ventana, **Figura 22 – 41.**

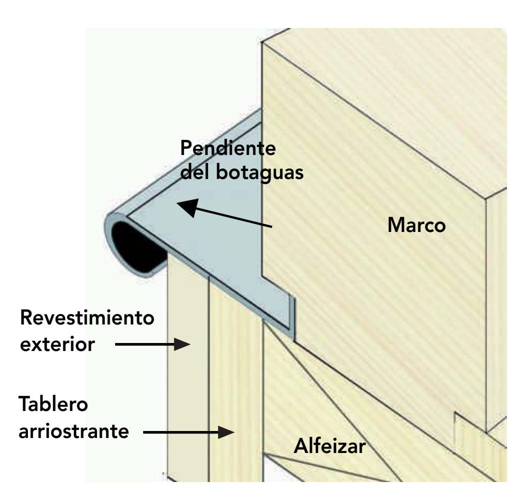


Figura 22 – 41: Botagua en fierro galavanizado 0,5 mm con pendiente de 15 °.

- Que el botaguas o forro cortagotera sobresalga del paramento del antepecho o ventana, para formar cortagotera. Es recomendable alrededor de 8 mm en los metálicos y 12 mm en los de madera.

- Si el botaguas está formado por una plancha metálica, doblada con corta gotera, es conveniente ejecutar un doblado a la lámina para alojar su sujeción mediante una arista lineal bajo el marco **Figura 22 - 42.** También es recomendable no emplear clavos o tornillos en caras expuestas.

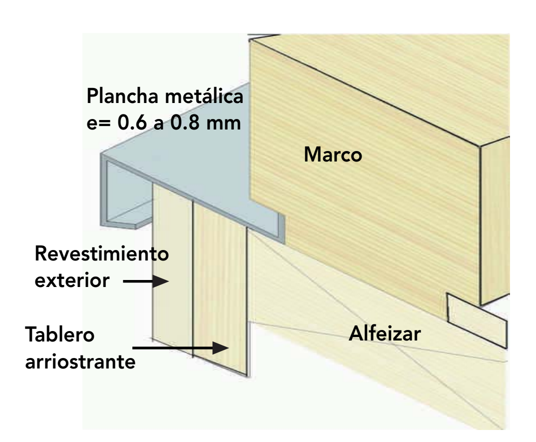


Figura 22 - 42: Botaguas formado por plancha metálica doblada en la arista terminal del botaguas.

- Si se emplea forro cortagotera en el dintel de una ventana que abre hacia el exterior, el nivel de éste debe permitir abrir la hoja sin problemas (**Figura 22- 43**).

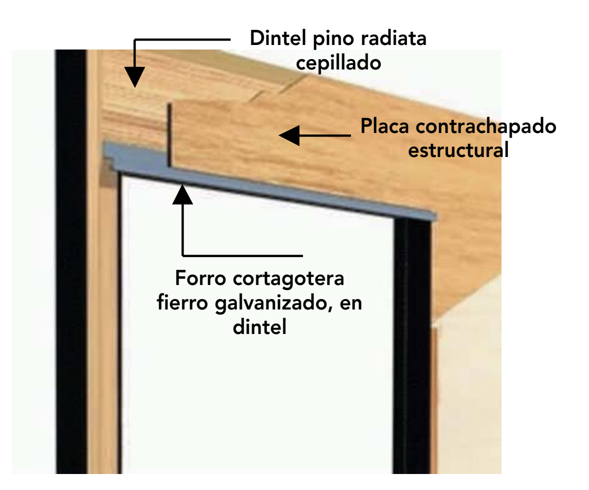


Figura 22 - 43: Forro cortagoteras o vierteaguas en dintel de ventana.

Insistamos en que las ventanas deben colocarse verticalmente con plomada y ser niveladas con nivel de carpintero, si es necesario, ayudarse con cuñas y suplementos para fijarlas en su lugar y mantener un espaciamiento uniforme en todo su contorno.

Es conveniente rellenar el espacio entre marco y vano con sello habitualmente usado para impedir filtraciones de aire. Una alternativa tecnológicamente adecuada es el uso de espuma de poliuretano para aislar y sellar al mismo tiempo. Esta actividad puede ser ejecutada en el momento de la instalación del aislante y sellado de techumbre, si es que se utiliza el mismo material para toda la vivienda.

22.4.6 Vidrios en ventana

Entre los tipos de vidrios podemos distinguir láminas de vidrio y plásticas, que corresponde a fibra de vidrio reforzada, acrílico, entre otros.

Los vidrios pueden ser transparentes, translúcidos, catedral y otros especiales. Entre estos últimos el más común es el vidrio aislante termo-acústico, conocido en nuestro país como "vidrio par", que por su mayor peso requiere un bastidor más resistente.

La vida útil de este tipo de acristalados depende del perfecto sellado de sus componentes, de su mantenimiento y de su correcta colocación y fijación.

El vidrio está sometido a esfuerzos como golpes, vibraciones y presiones de viento, por lo que su espesor debe ser correctamente elegido.

Para facilitar esta operación, existen tablas por las cuales se puede especificar el espesor, especialmente aquellas que usan como variables la presión o velocidad del viento, con las respectivas correcciones por condiciones del terreno, altura y ubicación.

En vidrios de superficie grande, además de las tensiones naturales originadas por su propio peso, deben considerarse las dilataciones que experimenta con los cambios de temperatura, distintas a las experimentadas por la madera. Por esto es conveniente dejarles una huelga de algunos milímetros y sellarlos con material flexible, de neopreno o PVC.

La forma más antigua, económica y de mayor uso, es sostener los vidrios de la ventana por medio de masilla, aplicada con espátula en el ángulo que forma el vidrio con el bastidor. La inclinación de la masilla y su cantidad debe ser tal que iguale el ancho del rebaje de la ventana, de manera que el vidrio quede sostenido por ambas caras, hasta la misma altura. De este modo se evita que se vea de un lado un borde de madera y por el otro un borde de masilla, **Figura 22 – 44.**

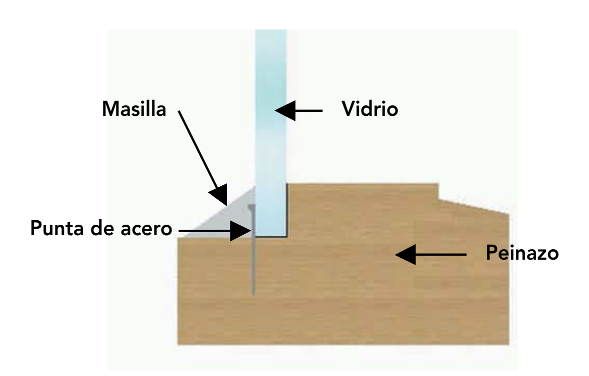


Figura 22 - 44 : Vidrio colocado con masilla.

En la actualidad existen diversas alternativas a la masilla, como las sintéticas, con uno o dos componentes que se mezclan y el empleo de siliconas, entre otras. Antes de poner los vidrios es conveniente que las ventanas tengan a lo menos una mano del revestimiento especificado (barniz, pintura, etc.).

Otra manera de fijar vidrios a las ventanas es el empleo de junquillos de la misma madera. Su espesor y longitud debe ser tal que corresponda al rebaje del bastidor y de esta forma iguale las superficies visibles a ambos lados del vidrio. Es recomendable que su ancho sea mayor al espacio del rebaje del bastidor para que sobresalga de la ventana formando una moldura de aspecto agradable. Generalmente en los encuentros se corta a 45° y se fija al bastidor por medio de puntas que quedan perdidas, **Figura 22 - 45.**

Cuando se tiene superficie de vidrios grandes, es conveniente utilizar burletes o perfiles elásticos de neopreno o PVC, que usualmente tienen la forma de una letra C, de manera que el vidrio pueda anclarse con facilidad. También disponer canaletas o ranuras en ambas alas del perfil, para que sean rellenadas con el material sellante y de esta manera asegurara la unión entre el vidrio y perfil con la ventana, **Figura 22 - 46.**

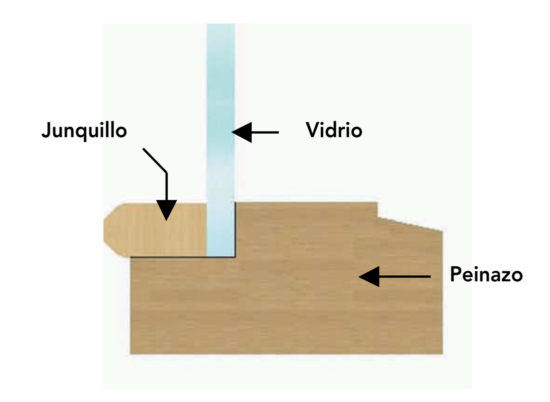


Figura 22 - 45: Vidrio colocado con junquillo de madera.



Figura 22 - 46: Perfil de PVC para anclar vidrios especiales.

22.4.7 Ventanas de última generación

Al seleccionar las ventanas es importante considerar si éstas incorporan las tecnologías actuales o las mejoras tecnológicas del momento, que permitan aumentar su rendimiento.

22.4.7.1 Ventanas con vidrios y/o cristales aislantes

Las ventanas deben tener cristales dobles para reducir una posible condensación, ya que separan los espacios calientes o fríos del aire exterior y pueden soportar calefacción del interior, según sea la estación del año. Cada panel de vidrio contribuye a aumentar la temperatura interior de la superficie de vidrio, en consecuencia, reduce la posibilidad de condensación.

La condensación es uno de los problemas más comunes a los que se enfrentan los usuarios de una vivienda, pero puede ser reducida mediante la instalación de ventanas de alto estándar y eficiencia energética.

Es normal que se produzca en el invierno un cierto nivel de condensación en las ventanas, especialmente en los bordes de los paneles de vidrio. No obstante, las ventanas con paneles múltiples, que poseen aisladores incorporados en sus marcos y buenos espaciadores, pueden contribuir en gran medida a reducir la posibilidad de condensación en las viviendas actuales, caso de la ventana de última generación que se muestra en la **Figura 22-27.**

22.4.7.2 Ventanas consideradas de baja emisividad

Gran parte de la pérdida y ganancia de calor de una ventana se produce por radiación, proceso a través del cual los objetos más calientes irradian calor en dirección de los objetos más fríos, como el Sol calienta la Tierra. Una solución es lograr un nivel de baja emisividad, colocando una película metálica delgada sobre el vidrio o cristal, para que actúe como espejo que refleja el calor de radiación, impidiendo que entre a la vivienda durante el verano o que salga al exterior en invierno.

Las capas de baja emisividad contribuyen a reducir costos de calefacción y aire acondicionado. Proporcionan a las ventanas de paneles dobles un rendimiento equivalente a una ventana de paneles triples, sin afectar la calidad del vidrio, pero a un costo más reducido.

En la actualidad, algunos fabricantes ofrecen ventanas con vidrios de baja emisión como característica estándar, por su resistencia a la condensación en el interior del vidrio durante el invierno.

22.4.7.3 Ventanas selladas o termopanel

Otra innovación en la tecnología son las ventanas selladas o termopanel en las que el aire se reemplaza por un gas inerte entre los paneles de vidrio. Los gases inertes son más aislantes que el aire porque son más pesados, por lo cual se produce una menor pérdida de calor por convección, y conductividad entre los paneles de vidrio, como lo muestra la Figura 22 - 27.

El argón es el gas más utilizado por su abundancia y economía. El espacio entre vidrios rellenos de gas es un mejoramiento térmico y eficaz, siendo su costo menor al quinto año, si se considera la inversión por calefacción, durante aquel tiempo.

La eficiencia térmica de una ventana sellada puede mejorar en forma significativa usando un sello de baja conductividad, o separador entre los paneles de vidrio.

Tradicionalmente los sellos se fabrican en aluminio, un buen conductor de calor, que crean áreas frías en los bordes de los paneles de vidrio. Actualmente se utiliza PVC y espaciadores de siliconas y fibra de vidrio para reducir el puente térmico en el perímetro de los paneles de vidrio, como se observa en la ventana de última generación, Figura 22-27.

BIBLIOGRAFIA

- American Plywood Association, "Wood Reference Handbook", Canadian Wood Council, Canadá, 1986.

- Branz, "House Building Guide", Nueva Zelanda, 1998.

- Canada Mortgage and Housing Corporation, CMHC, "Manual de Construcción de Viviendas con Armadura de Madera – Canadá", Publicado por CMHC, Canadá, 1998.

- Goring, L.J; Fioc, LCG, "First-Fixing Carpentry Manual", Longman Group Limited, Inglaterra, 1983.

- Goycolea, F; Lagos, R, "Ventanas de Madera" Cuaderno N°5, Universidad del Bío-Bío, Editorial Campus Chillán, Concepción, Chile.

- Grupo técnico de ventanas, Corporación de desarrollo tecnológico C.D.T, "Recomendaciones para la Selección e Instalación de Ventanas", Publicado por Cámara Chilena de la Construcción, Santiago, Chile, Julio 1999.

- Guzmán, E; "Curso Elemental de Edificación", 2° Edición, Publicación de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, Santiago, Chile, 1990.

- Heene, A; Schmitt, H, "Tratado de Construcción", 7° Edición Ampliada, Editorial Gustavo Gili S.A, Barcelona, España, 1998.

- Hanono, M; "Construcción en Madera", CIMA Producciones Gráficas y Editoriales, Río Negro, Argentina, 2001.

- Jiménez, F; Vignote, S, "Tecnología de la Madera", 2° Edición, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría General Técnica Centro de Publicaciones, Madrid, España, 2000.

- Lewis, G; Vogt, F, "Carpentry", 3° Edición, Delmar Thomson Learning, Inc., Nueva York, EE.UU., 2001.

- Millar, J; "Casas de Madera", 1° Edición, Editorial Blume, Barcelona, España, 1998.

- Neufert, E; "Arte de Proyectar en Arquitectura", 14° Edición, Editorial Gustavo Gili S.A., Barcelona, España, 1998.

- Spence, W; "Residencial Framing", Sterling Publishing Company, Inc., Nueva York, EE.UU., 1993.

- Stungo, N; "Arquitectura en Madera", Editorial Naturart S.A Blume, Barcelona, España, 1999.

- Thallon, R; "Graphic Guide to Frame Construction Details for Builder and Designers", The Taunton Press, Canadá, 1991.

- www.citw.org (Canadian Institute of Treated Wood).

- www.durable-wood.com (Wood Durability Web Site).

- www.inn.cl (Instituto Nacional de Normalización).

- www.forintek.ca (Forintek Canada Corp.).

- www.fpl.fs.fed.us (Forest Products Laboratory U.S. Department of Agriculture Forest Service).

- www.materiales.cdt.cl (Cámara Chilena de la construcción)

- www.pestworld.org (National Pest Management Association).

- NCh 354 Of.87 Hojas de puertas lisas de madera – Requisitos generales.

- NCh 355 Of.57 Ventanas de Madera.

- NCh 446 Of.77 Arquitectura y construcción – Puertas y ventanas- Terminología y clasificación.

- NCh 447 Of.67 Carpintería –Modulación de ventanas y puertas.

- NCh 723 Of.1987 Hojas de puertas lisas de madera- Métodos de ensayos generales.

- NCh 888 Arquitectura y construcción - Ventanas- Réquisitos básicos.

- NCh 889 Arquitectura y construcción - Ventanas - Ensayos mecánicos.

- NCh 891 Arquitectura y construcción - Ventanas - Ensayos de estanquidad al agua.

- NCh 891 Arquitectura y construcción - Ventanas - Ensayos de estanquidad al aire.

- NCh 935/2 Of.84 Prevención de incendio en edificio – Ensayos de resistencia al fuego – Parte 2: Puertas y otros elementos de cierre.

Capítulo V

Unidad 23
Gestión de Calidad



Unidad 23

GESTION DE CALIDAD



Centro de Transferencia Tecnológica

Unidad 23

UNIDAD 23

GESTION DE CALIDAD

23.1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el mercado global se caracteriza por la liberación de las economías y la libre competencia, lo que ha determinado el entorno de convivencia del sector empresarial.

Las empresas deben asumir el protagonismo de contribuir al crecimiento y desarrollo del país, generando mayor eficiencia, brindando productos y servicios de buena calidad.

Años atrás, el modo de ver las cosas y sistemas de gestión de cada empresa, no permitía valorar las duras condiciones de la competencia internacional y los crecientes niveles de exigencia de clientes y consumidores por una mayor calidad en los productos, mejor oportunidad en las entregas, precios razonables y excelencia en el servicio.

Las empresas exitosas son aquellas que están desarrollando y aplicando Sistemas de Gestión de Calidad, lo que ha significado pensar y actuar en forma diferente a como se venía procediendo a la fecha, respecto del producto y servicio al cliente.

Muchas empresas nacionales reconocen la importancia de la calidad, pero no se encuentran preparadas para aceptar los nuevos retos que significa poner en práctica principios y técnicas, siendo un gran inconveniente el carecer de una metodología práctica que sirva de soporte.

En el área de la construcción, uno de los problemas importantes que enfrentan las empresas, es cómo mantener un eficiente control de los costos de producción y post-venta, así como también satisfacer las expectativas de los clientes, que posibiliten el éxito en un ambiente de alta competitividad en el mercado de la vivienda.

Implementar un Sistema de Gestión de Calidad implica demostrar que si se identifican las medidas que se deben adoptar desde el proyecto y durante el proceso de construcción respecto de la calidad, lo que involucra la motivación de todos los trabajadores, promoviendo el trabajo en equipo e incentivando los logros de la organización. Es necesario promover la creación de objetivos individuales y en equipo, gestionando el desempeño de los procesos y evaluando resultados.

23.2 CONCEPTOS GENERALES RELACIONADOS CON LA GESTIÓN DE CALIDAD

23.2.1 Antecedentes generales

En la actualidad, el término calidad ha tomado tal grado de importancia, que para el usuario final pasa a ser tan relevante como el factor precio. Por ende, los consumidores están dispuestos a comparar, evaluar y escoger productos selectivamente, buscando la mayor satisfacción, es decir: menor precio, mayor calidad y mejor capacidad de servicio.

Las necesidades de quienes compran productos o servicios son dinámicas, lo que obliga a las empresas a una permanente adaptación en los procesos de diseño productivos y comerciales, para cumplir con estos requerimientos.

23.2.2 Concepto de calidad

El cliente es la fuerza impulsora para la producción de bienes y servicios, por lo tanto, el análisis de la calidad debe realizarse considerando sus necesidades.

De acuerdo con la Organización Internacional de Normalización (ISO), a través de la norma ISO 9000:2001, se puede definir calidad como: "El grado en que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos establecidos", entendiéndose que este término comprende no sólo un producto o servicio, también una actividad, proceso, organización o persona. Esta norma fue homologada por el INN en diciembre del 2001.

Existe una serie de conceptos vinculados que permiten comprender la implicancia de la calidad en la actividad productiva como son el requisito, grado, satisfacción y capacidad.

23.2.3 Los sistemas de calidad

Los sistemas de calidad son los métodos utilizados por las empresas para alcanzar sus metas en este ámbito, los que han evolucionado al tiempo que el concepto se ha convertido en un factor cada vez más importante.

En una primera instancia, las empresas buscaban obtener la conformidad de las características técnicas requeridas por el cliente, a través de la inspección final de los productos ya confeccionados, rechazando aquellos que no cumplían con criterios preestablecidos, pero no era posible determinar las causas que provocaban los defectos, y por ende, no existía la posibilidad de proponer métodos para solucionarlos. Esto implicaba un aumento de los costos y plazos involucrados al tener que rehacer el trabajo.

Posteriormente, y en busca de una mayor eficiencia en la producción, las empresas adoptan técnicas de aseguramiento de la calidad que les permite prever errores y proporcionar a los clientes confianza en su capacidad para proveer productos que cumplan con los requisitos en los plazos establecidos y a precios competitivos.

A medida que los sistemas de calidad evolucionaron, las empresas observaron una mayor cantidad de beneficios, al entregar ese atributo a sus clientes.

Aquí nace el concepto de Gestión de Calidad, el cual es un sistema utilizado para verificar de una manera sistemática el cumplimiento de las exigencias técnicas de un producto, durante los procesos de diseño, producción y venta, y que se sustenta en la satisfacción de las necesidades del usuario final, y en el mejoramiento continuo de los procesos productivos.

Establecer un Sistema de Gestión de Calidad permite obtener beneficios tales como:

- Promover el mejoramiento de los procesos administrativos y operacionales
- Mejorar la imagen de la empresa
- Reducir los costos de producción
- Agregar valor a los productos, aumentando la rentabilidad de las empresas

Si consideramos la existencia de un entorno de gran competitividad en los sectores productivos, la gestión de calidad representa uno de los principales objetivos a los cuales debieran estar orientados los esfuerzos de todas las empresas, como una estrategia de diferenciación y posicionamiento en el área productiva en que se encuentren.

23.2.4 Normas referidas a la calidad

Las normas son un conjunto de indicaciones que entregan recomendaciones técnicas y los pasos a seguir para el correcto desarrollo de un proceso determinado.

La familia de normas ISO 9000, pertenecientes a la Organización Internacional de Normalización, proporciona un estándar básico de Gestión de Calidad para empresas de diversos ámbitos, a través de un modelo certificable de reconocimiento y validez internacional.

La norma ISO 9000 ha sufrido una importante evolución hasta llegar a la actual Nch - 9000: 2000, la que está vigente en el país desde diciembre de 2001, y reemplazó a la de 1994.

La norma Nch ISO 9000 de 1994 fundamentaba su filosofía en el Aseguramiento de la Calidad durante la etapa de diseño, producción e inspección de un producto.

La nueva serie ISO 9000, llamada Sistema de Gestión de Calidad, fundamenta su filosofía en dar satisfacción a las necesidades del cliente y al mejoramiento continuo de los procesos administrativos y operacionales de la organización.

23.2.5 Gestión de Calidad

Corresponde a un esquema que debe adoptar la administración de la empresa, que comienza con definir la política de calidad que orienta objetivos y responsabilidades de la organización en este sentido.

Esta gestión se debe aplicar a todas las fases del proceso productivo de un insumo o servicio. La materialización de las políticas definidas por la empresa se realiza a través de los Sistemas de Calidad, los que le permiten planificar y desarrollar una estructura organizacional, con el fin de orientar sus esfuerzos para lograr la calidad final deseada de sus productos y servicios.

En el caso de las empresas constructoras, es necesario implementar y poner en práctica aspectos tales como:

- **Liderazgo de la administración superior:** El compromiso e involucramiento activo desde la gerencia general resultan esenciales para el desarrollo y mantención de un sistema eficaz y eficiente.
- **Capacitación:** se debe incorporar planes de capacitación regular para todo el personal que trabaja en la empresa, desde los altos ejecutivos hasta los trabajadores que desempeñan labores administrativas, profesionales y técnicas en terreno.
- **Trabajo en equipo:** los equipos de calidad proveen a las empresas de un ambiente estructurado para aplicar continuamente la gestión de calidad. El objetivo final de un trabajo en equipo es el logro de una vivienda de calidad, en que diversos participantes como proveedor, constructor (contratista) y cliente se sientan involucrados en el proceso.
- **Servicio al cliente:** para lograr la satisfacción del cliente, se le debe extender los conceptos de esta gestión a fin de obtener una retroalimentación conjunta.

23.2.5.1 Política de calidad

Corresponde a la orientación y objetivos generales que pretende lograr una organización en relación a la calidad de la vivienda que está entregando, los que deberán formar parte de la misión de la empresa y ser definida por su administración.



La alta gerencia tiene la responsabilidad de definir, documentar y apoyar las políticas de calidad de la organización, además de identificar y aportar recursos apropiados para lograr los objetivos planteados. Dichos recursos pueden incluir asesorías, contratación de profesionales expertos, nuevos equipos y tecnologías, desarrollo e implementación de un sistema de calidad y capacitación, entre otros.

23.2.5.2 Sistema de gestión de calidad

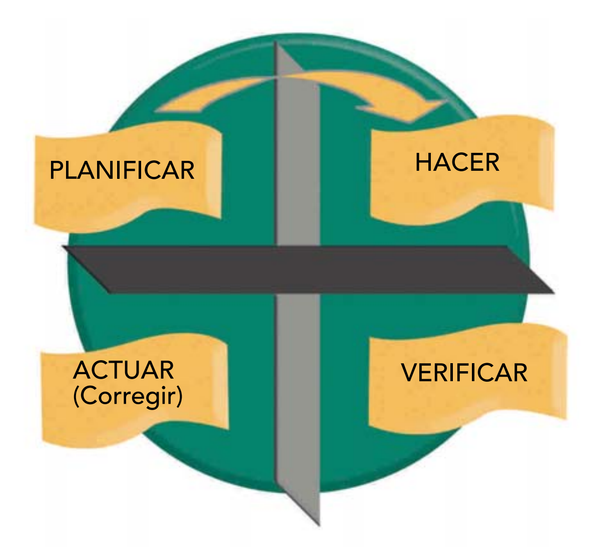
Corresponde a una estructura organizacional, que tiene como objeto definir las medidas apropiadas que serán utilizadas por la empresa, para cumplir eficazmente con las metas de calidad establecidas por la alta gerencia.

En él se definen la estructura, responsabilidad, autoridad y procesos, a través de los cuales la organización implementará el sistema en sus diferentes niveles y describe de manera específica los procesos y recursos necesarios para realizar cada actividad.

En general, los sistemas de calidad requieren:

- Escribir lo que se va a realizar
- Ejecutar lo que se ha escrito
- Documentar lo que se hizo
- Analizar lo realizado y mejorarlo

Otra manera en que se puede apreciar la metodología en que se sustenta este sistema es a través del ciclo PHVA.



Esquema 23 – 1: *Ciclo Planificar - Hacer - Verificar – Actuar.*

23.2.5.3 Documentación del sistema de gestión de calidad

Junto con establecer el sistema, la organización debe documentarlo y mantenerlo.

Este es un requisito ineludible, y sus principales objetivos son:

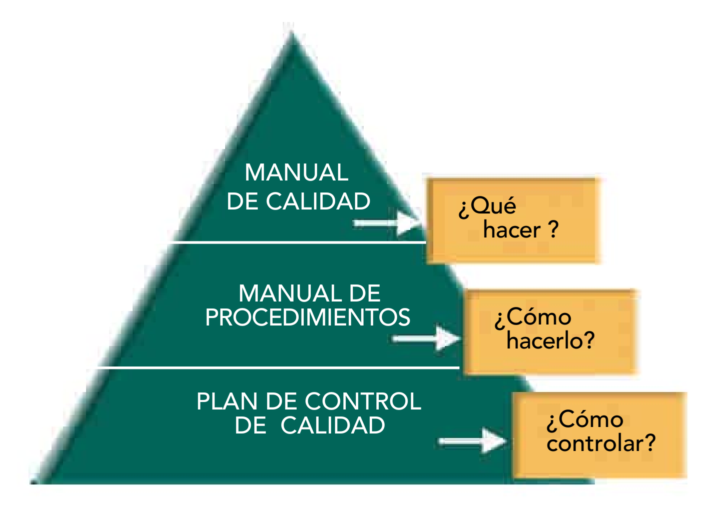
- Reducir costos por un mal trabajo
- Capacitar a los distintos participantes de la organización que son responsables de la calidad
- Asegurar que las tareas se realicen correctamente, aún sin el personal que normalmente las ejecuta
- Aumentar conciencia y compromiso de los distintos participantes de la organización por lograr este atributo
- Dar confianza al cliente respecto del producto o servicio

La documentación debe responder a un sistema general jerárquico de control, o sea, cada etapa de la documentación debe estar aprobada por la persona con la autoridad correspondiente a la importancia del documento en cuestión.

Esta jerarquización dependerá de la complejidad, trabajo, métodos, habilidades y capacitación necesaria que involucra la realización de cada actividad.

La documentación del sistema se agrupa en diferentes niveles, de acuerdo al **"Modelo Piramidal de Documentación"** conformado por:

- Manual de calidad
- Manual de procedimientos
- Plan de control de calidad



Esquema 23 – 2: *Jerarquía de los documentos del sistema de gestión de calidad.*

Los tres niveles de documentos deben estar permanentemente actualizados, si existen modificaciones deben realizarse de acuerdo a un procedimiento escrito que debe formar parte de la documentación del sistema.

23.2.5.3.1 Manual de calidad

Corresponde a un documento con fines internos o externos, resultado de la propia voluntad de la organización por proporcionar un producto o servicio de calidad a sus clientes. En principio no está destinado a ser base de auditorías o para ser consultado por sus clientes, salvo en situación contractual o de certificación.

El manual puede ser utilizado por la organización para diferentes propósitos, y a pesar de que no existe un formato único para su desarrollo, éste debería:

- Comunicar la política de calidad, objetivos y procedimientos que rigen la organización.
- Implementar un sistema de calidad efectivo.
- Facilitar las actividades de diseño, implementación, seguimiento y mejoramiento.
- Entregar bases documentadas para la auditoria del sistema de calidad.
- Dar continuidad al sistema de calidad y sus requisitos, independiente de las circunstancias.
- Capacitar al personal en los requisitos del sistema de calidad y en los métodos para su cumplimiento.
- Demostrar el cumplimiento del sistema de calidad, con las normas NCh-ISO9000 en situaciones contractuales o para propósitos externos.

23.2.5.3.2 Manual de procedimientos

Es un documento en el cual quedarán descritos los distintos métodos que serán utilizados por la empresa para la ejecución de sus proyectos, alcanzar los estándares de calidad, y dar cumplimiento a los objetivos planteados en el manual.

Es una herramienta estratégica de las empresas constructoras en la adjudicación de propuestas, ya que da a conocer los métodos mediante los cuales se materializará la obra del mandante.

Los distintos procedimientos descritos en el manual, deberán ser elaborados por los responsables de la ejecución de los trabajos y aquellas personas o departamentos que estén directamente relacionados con las técnicas utilizadas por la empresa para la construcción de los proyectos.

23.2.5.3.3 Plan de control de calidad

Es el documento que establece las prácticas específicas de control, recursos y secuencia de las actividades pertinentes a las partidas de obra gruesa, terminaciones e instalaciones de una vivienda, a fin de cumplir con los requisitos de calidad estipulados por la empresa.

El alcance del plan estará definido por los requisitos que se deba controlar en cada proyecto en particular. Debido a esto, se deberá desarrollar un plan de control que se adecue a las condiciones de cada proyecto.

23.2.5.3.3.1 Control de no conformidad
El plan de control de calidad debe indicar cómo se detectan y controlan los productos que no cumplen con los requisitos mínimos establecidos en el proyecto, para prevenir errores posteriores más costosos de solucionar.

23.2.5.3.3. Acciones correctivas y preventivas
El plan de control de calidad debe establecer las acciones preventivas y correctivas, así como las actividades de seguimiento que son específicas para cada producto, proyecto o contrato. De esta forma se evitará la repetición y aparición de no conformidades.

23.2.5.4 Costos y beneficios de la aplicación de un sistema de calidad

23.2.5.4.1 Costos de la aplicación de un sistema
Los costos asociados a la implementación de un sistema de calidad se pueden agrupar en tres categorías:

- **Costos de prevención**: aquellos asociados con la planificación y control. A modo de ejemplo se pueden mencionar:
  - Costo por la creación del sistema a través de profesionales o instituciones especializadas.
  - Costo relacionado con la revisión del sistema.
  - Costo por capacitación del personal.
- **Costos por evaluación:** son aquellos en que incurre la organización para realizar la evaluación directa de la calidad en sus proyectos o en sus procesos, y así alcanzar los requisitos esperados de sus productos, por ejemplo:
  - Costo por los servicios, materiales y personal relacionados con la inspección y ensayos.
  - Costo por mantención y calibración de equipos de muestreo y ensayos.
- **Costos por defectos:** son los costos por las no conformidades ocurridas mientras se comienza a implementar el sistema, como son los costos por desviación de la calidad, no conformidades o productos defectuosos, mano de obra, materiales y equipos, por concepto de reparaciones, aumento de plazos, gastos generales y pago de multas y garantías.

23.2.5.5 Beneficios de la aplicación de un Sistema de gestión de calidad

El implementar un sistema de gestión de calidad significa un gran esfuerzo para toda la organización, pero con la compensación de que en conjunto lograrán posicionarse de forma exitosa en mercados cada vez más competitivos y de mayor complejidad en leyes y reglamentaciones de la construcción de viviendas.

Los principales beneficios se pueden resumir en los siguientes:

- Mejoramiento de la calidad del producto
- Mayor satisfacción del cliente
- Mejor imagen de la empresa
- Posicionamiento competitivo dentro del mercado
- Acceso a mayores mercados
- Adaptación a nuevas disposiciones legales del mercado
- Dignificación del trabajo y motivación del personal
- Aumento de la capacitación y superación profesional
- Mejora de la calidad de los procesos de la obra
- Mejoramiento continuo

23.3 REQUISITOS DE LA VIVIENDA

La vivienda constituye una de las necesidades fundamentales del hombre.

Debe satisfacer gran cantidad de requisitos desde la perspectiva del usuario, que le permita el desarrollo de su vida cotidiana. En términos de calidad estos son:

- **Seguridad**
- **Funcionalidad**
- **Durabilidad**

- **Seguridad:** La vivienda debe estar diseñada y construida en función del:

- diseño arquitectónico
- diseño estructural
- diseño de instalaciones
- procedimientos constructivos desarrollados por la empresa
- materiales especificados en el proyecto

Todos estos aspectos permiten garantizar seguridad a los usuarios de la vivienda, así como a los bienes que en ella existen.

La estructura de la vivienda debe ser capaz de resistir fenómenos de la naturaleza como: sismos, vientos, lluvias y nieve, también solicitaciones mecánicas, la acción del fuego y tener capacidad y calidad en sus instalaciones.

Según lo expuesto, podemos concluir que la seguridad se relaciona con aquellos mecanismos que garantizan el buen funcionamiento de un proceso, producto o servicio, previniendo que falle o colapse y disminuyendo así situaciones de riesgo para las personas y/o bienes materiales.

- **Funcionalidad:** La funcionalidad de una vivienda está relacionada con los hábitos y costumbres de los habitantes que cobija. Se debe situar también dentro del medio ambiente en que se encuentra, con condiciones estables y adecuadas respecto de temperatura, humedad, acústica, iluminación, ventilación y calidad de aire.

  Como se puede desprender, la funcionalidad se encuentra asociada a la habitabilidad y estética de los distintos espacios y elementos que componen la vivienda, la que debe contar con espacios de tamaño suficiente, accesibles y dispuestos de manera funcional, que permitan el desarrollo armónico de las actividades normales de la familia.

- **Durabilidad:** En una vivienda se debe analizar la durabilidad de todos los materiales que la componen, con ello se podrán tomar las medidas de control y aseguramiento más apropiadas para cada material, lo que permitirá una reducción de costos por concepto de mantenimiento y reposición de partidas afectadas. Esto es posible a través de un adecuado diseño de los elementos, correcta elección de materiales que requieren mayor economía, menor mantenimiento y puesta en obra que asegure la máxima durabilidad de lo construido.

Según lo expuesto, podemos concluir que la durabilidad es la capacidad de los materiales de mantener sus propiedades o características frente a exigencias o solicitaciones para las cuales fueron diseñados durante un tiempo determinado, el cual se conoce como período de vida útil.

23.3.1 La calidad en los proyectos habitacionales

El origen de un proyecto habitacional se inicia con la identificación de una necesidad que debe ser satisfecha, donde el mandante o cliente realiza un análisis basado en:

- Identificar las causas de las necesidades
- Definir objetivos y alcance del proyecto
- Priorizar las necesidades que deben ser satisfechas

Un proyecto de construcción se materializa en distintas etapas e intervienen diferentes participantes con responsabilidades específicas, donde también se identifican los principales aspectos a controlar, a objeto de alcanzar estándares que cumplan los requisitos que se deben exigir al proyecto.

La calidad es uno de los aspectos más importantes que debe poseer un proyecto habitacional, ya que afecta directamente la calidad de vida del usuario y determinará el éxito del negocio.

Asimismo, la calidad es de gran relevancia para constructores y subcontratistas, interesados en mantener control por no conformidades, evitar aumento de plazos y gastos generales, así como también mantener una imagen de prestigio en el mercado.

La calidad del proyecto habitacional se debe controlar en cada una de las etapas:

- Diseño del proyecto
- Proceso de ejecución de la obra
- Inspección de materiales del proceso de construcción y obras terminadas
- Mantención de la obra a lo largo de su vida útil



Esquema 23 – 3 : Fuentes de variación de la calidad en un proyecto habitacional.

23.3.1.1 Calidad de diseño

El mandante encarga el desarrollo de un proyecto el que se inicia con su esbozo, donde se identifican los principales requisitos, posibilidades y limitaciones que brinda el terreno, la elección de la solución estructural, formas, dimensiones y estilo arquitectónico, obteniendo finalmente el proyecto detallado con los planos de arquitectura, con sus especificaciones técnicas, diseño estructural con memorias de cálculo y planos correspondientes a las instalaciones.

La Ley General de Urbanismo y Construcciones establece que los proyectistas son responsables por los errores en que pueden incurrir en sus respectivos ámbitos de competencia, si de estos se derivan daños o perjuicios a los mandantes o usuarios de la vivienda.

De lo anterior se desprende la necesidad de realizar un control referido a:

- La calidad de la solución propuesta, en cuanto a los aspectos funcionales y técnicos, de manera que se realice en conformidad con la reglamentación de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, normas respectivas y requisitos del mandante.

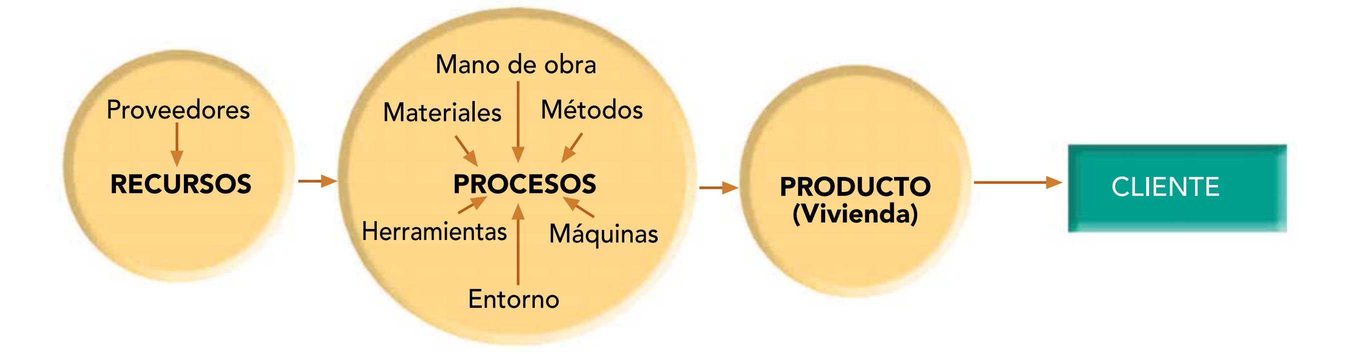
- La calidad en la fundamentación del diseño, es decir, que se controlen las memorias de cálculo y los supuestos de diseño, tanto para el proyecto estructural, como el de las instalaciones.

- La calidad en la descripción de las soluciones (planos y especificaciones técnicas), con el objeto que exista una coordinación entre los proyectos de arquitectura, diseño estructural e instalaciones y especialidades, evitando información contradictoria durante la ejecución de las obras.

23.3.1.2 Calidad en los procesos de construcción

En la materialización de un proyecto para una vivienda, la empresa constructora lleva a cabo una serie de procesos interrelacionados que comprenden desde la etapa de estudio, hasta la entrega y mantención de la obra, a través de los servicios de post venta.

El proceso consiste en el conjunto de operaciones, recursos y actividades interconectadas que transforman los insumos en productos con valor para los clientes. La interacción de las distintas variables que intervienen en un proceso productivo es compleja y la alteración de cualquiera de ellas producirá variaciones en la calidad final del producto; por esto la constructora debe desarrollar un sistema de calidad que controle cada variable presente en el proceso.



Esquema 23 – 4: Variables dentro de un proceso de producción.

23.3.1.2.1 El control de calidad en los procesos productivos

El control de un proyecto de construcción se puede realizar de dos formas:

- **Interno:** por la empresa constructora o subcontratista, también llamado autocontrol.
- **Externo:** realizada por el mandante, a través de inspectores externos e independientes.

Este control debe realizarse en tres etapas del proceso productivo que son:

- **Suministro**
- **Ejecución**
- **Recepción final**

Así, los responsables de cada etapa podrán mantener el desempeño y control de sus procesos, lo que permite iniciar procedimientos de mejoras en sus productos, si el proceso estuviese afectado por variaciones causantes de no conformidades.



Figura 23 –1: Cada una de las cerchas que se recepcionaron en obra cumplen con las especificaciones según cálculo.

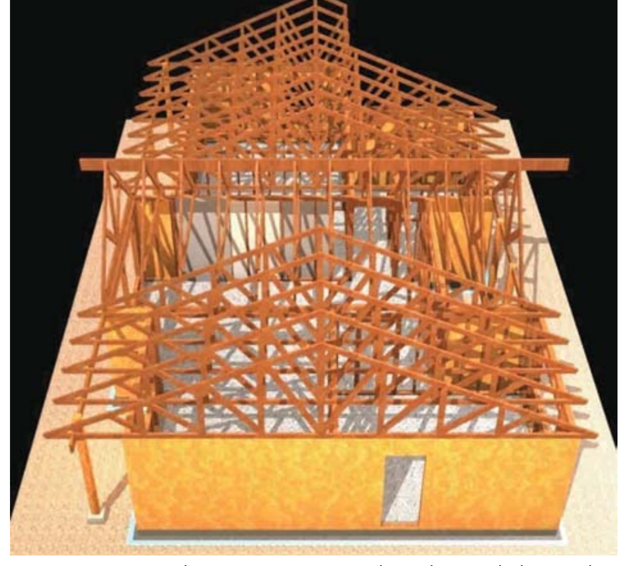
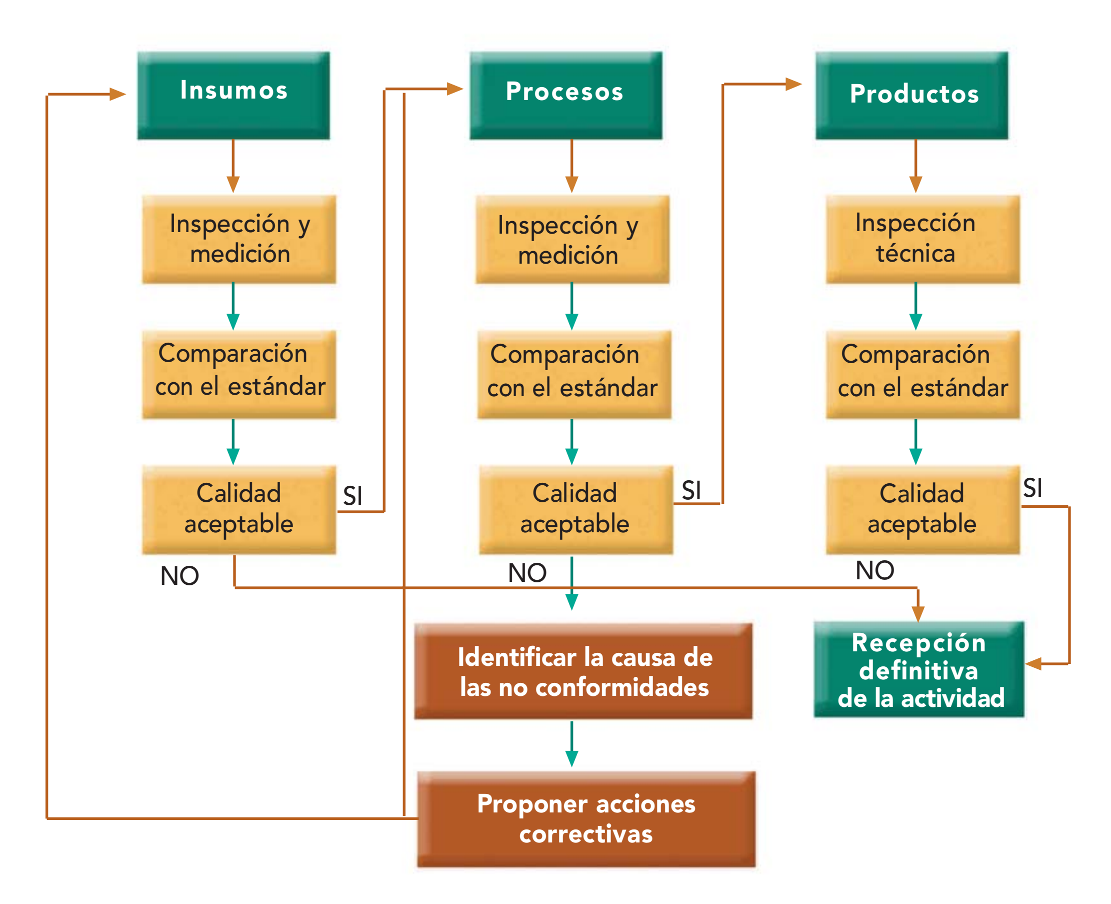


Figura 23 –2: La ubicación y posición de cada una de las cerchas es rigurosamente controlada.



Esquema 23 – 5 : Sistema general de control de calidad en los procesos.

23.3.1.2.2 Control de los proveedores

Los proveedores de materiales, equipos, herramientas y otros servicios desempeñan una función decisiva desde el diseño del proyecto, hasta la venta y mantención de la vivienda, ya que la capacidad para generar un producto de calidad depende, entre otros factores, de la condición de los insumos utilizados.

La Ley General de Urbanismo y Construcciones establece responsabilidades claras de los proveedores por defectos producidos en el suministro de insumos.

Los insumos, en general, definen la tecnología a utilizar por la empresa constructora para ejecutar el proyecto, la que incide en:

- Diseño del proyecto
- Elaboración de procedimientos
- Planificación de los procesos que intervendrán, razón por la cual los proveedores deben ser considerados desde que se inicia el estudio del anteproyecto.

Para lograr adecuados estándares de calidad, resulta fundamental establecer relaciones estrechas y de confianza con los proveedores, haciéndolos partícipes en la gestión de calidad de los proyectos.

Los principales lineamientos y medidas que se deben considerar con respecto a los proveedores son:

I. Establecer los criterios de evaluación del proveedor:

- Capacidad comercial
- Capacidad técnica
- Evaluación del sistema de calidad
- Evaluación del producto
- Evaluación de la actuación y comportamiento

II . Establecer proceso de evaluación de los proveedores:

- Evaluación
- Reevaluación
- Seguimientos
- Auditoría al proceso y/o al producto

III . Criterios de calificación:

- Evaluación inicial
- Reevaluación periódica

IV. Calificación de proveedores:

- Proveedor aprobado (AA)
- Proveedor no aprobado (NA)

V. Vigencia de la calificación del proveedor.

23.3.1.2.3 La calidad de los materiales de construcción

La totalidad de materiales que se utilizan en una construcción deben cumplir con los requerimientos que los proyectistas determinan en las especificaciones técnicas. Para lograrlo, existen dos entes responsables durante el proceso productivo:

- Proveedor
- Empresa constructora

El proveedor debe tener la capacidad de suministrar productos en función de las especificaciones técnicas encargadas por la empresa constructora, durante la etapa de estudio y cotización, para lo cual debe realizar un control de producción.

La empresa constructora es responsable de utilizar aquellos materiales que cumplan con las exigencias establecidas en el proyecto, por lo que debe desarrollar medidas de control durante las etapas de estudio, adquisición y recepción de los suministros, cumpliendo con los requisitos de calidad definidos para el proyecto.

Todo el control necesario de realizar, independiente del ente responsable, está condicionado al proceso de fabricación, dependiendo si es un proceso tradicional (artesanal) o industrializado.

A) Materiales tradicionales

Para los materiales fabricados de manera artesanal, el control es factible de realizar una vez terminado su proceso productivo. Por lo tanto, es en la recepción por parte del proveedor donde se deben establecer los métodos (ensayos e inspecciones) y parámetros para determinar si cumple con las especificaciones o no, de común acuerdo con la empresa constructora.

Si el proveedor de este tipo de materiales, por ejemplo madera, se mantiene constante en el tiempo, se debe establecer un plan de control y ensayos desarrollados en conjunto por la empresa constructora y el proveedor.

B) Materiales de fabricación industrial

A diferencia del material fabricado en forma artesanal, éste sí puede ser controlado durante su proceso de fabricación (control de producción), y en su entrega (control de recepción).

Los controles de calidad se hacen basados en características establecidas en las especificaciones técnicas, a través de variables cuantificables.

- Control de producción: considera las etapas de diseño, fabricación y almacenamiento del producto y está a cargo del proveedor. Por ende, es él quien establece aspectos y puntos de inspección requeridos por el contratista, o bien, puede contar con un certificado de fabricación que garantice la calidad del material, otorgado por el fabricante o instituciones externas al proceso de fabricación.

- Control de recepción: se refiere a la recepción en obra del material, por lo que el responsable es la empresa constructora. Con los requisitos de calidad de cada producto, establecidos en las especificaciones técnicas, se determinará el procedimiento de recepción y control, así como el plan de muestreo adecuado para cada tipo de material.

23.3.1.2.4 Control de calidad de los equipos de construcción

Otro gran recurso utilizado en la materialización de una obra, y que requiere de control para obtener un inmueble con la calidad establecida en el diseño del proyecto, son los equipos a utilizar en la obra misma, cuyo análisis depende de dos aspectos:

- Capacidad del proveedor para suministrar el equipo idóneo, que garantice la calidad del producto final. Para ello, el proveedor deberá establecer un sistema de control de calidad (realizar las pruebas y controles que permitan verificar los resultados esperados antes de ejecutar los trabajos) para determinar el estado de los equipos antes de su venta o arriendo.

- Uso por parte de la empresa constructora de equipos en buenas condiciones. Esto implica realizar una mantención periódica y un almacenamiento de los equipos, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante. Por otra parte, deberá proporcionar los recursos para la capacitación del personal, y así contar con operarios idóneos para lograr los resultados esperados.

23.3.1.2.5 Control de calidad de la mano de obra en la construcción

El recurso humano de una obra, cuya responsabilidad es llevar a cabo las tareas necesarias para transformar recursos materiales y de equipos en productos con valor agregado, es uno de los elementos más importantes en la materialización de viviendas.

Su mayor limitación está dada por la alta rotación de personal que se da en las obras, lo que le impide adquirir un dominio, tanto en los procesos técnicos, como en los sistemas de control de calidad utilizados por la empresa, provocando una disminución en el nivel de productividad y en la calidad final del producto.

A pesar de lo anterior, es importante que la empresa incorpore a todo el personal a un programa de capacitación y educación sobre los conceptos generales de la gestión de calidad y del sistema de calidad utilizado por ella. Además, se debe entregar capacitación en relación a las herramientas para el análisis y ejecución de los procesos de trabajo, su evaluación y mejoramiento continuo y los riesgos que demandan estos procesos, de manera de disminuirlos y tomar las acciones pertinentes para evitar accidentes.

La educación y capacitación del personal debe centrarse en la eliminación de las barreras que impiden el cambio y el compromiso con los objetivos fijados por la administración de la empresa. De no lograr estos puntos, la implementación del sistema tiene grandes posibilidades de fracasar.

23.3.1.2.6 Control de calidad en el método de construcción

El método de trabajo tiene la función de definir la forma operacional y sistemática mediante la cual se desarrolla una actividad.

Para esto, la empresa constructora, a través de su oficina técnica o la administración de la obra, debe analizar métodos de trabajo empleados en cada proyecto, con la finalidad de desarrollar y aplicar técnicas más sencillas y eficientes que las utilizadas, permitiendo alcanzar mayores índices de productividad, cumplir con los estándares de calidad, disminuir la tasa de accidentes y reducir costos.

Este análisis debe ser desarrollado definiendo el problema y seleccionando las principales áreas o aspectos que ofrecen mayores posibilidades de mejoramiento. Una forma para analizar los métodos es a través de la serie de preguntas que se presentan en la Tabla 23 - 1.



Figura 23 -3 El control geométrico de cada elemento que se instala debe ser rigurosamente inspeccionado.

	Antecedentes	Información	Alternativas	Proposiciones
Propósito	¿Qué se está haciendo?	¿Es necesario? ¿Por qué?	¿Cuál es la alternativa?	¿Qué debe hacerse?
Lugar	¿Dónde se lleva a cabo?	¿Por qué se hace en ese lugar?	¿En qué otro lugar?	¿Dónde se debe hacer?
Secuencia	¿Cuándo se realiza?	¿Por qué se realiza en ese momento?	¿Cuál otro momento?	¿Cuándo se debe hacer?
Personas	¿Quién lo ejecuta?	¿Por qué esas personas?	¿Quién otro lo puede ejecutar?	¿Quiénes deben hacerlo?
Medios	¿Cómo se está haciendo?	¿Por qué de esa forma?	¿Qué otra forma es posible?	¿Cómo se debe ejecutar?

Tabla 23 – 1 : Interrogantes para el análisis crítico de un método de trabajo.

El realizar este análisis y definir correctamente los métodos constructivos adoptados por la empresa será la base de los sistemas de calidad, los que se traducirán en procedimientos, instructivos y diagramas de flujo.

23.3.1.3 Calidad en la inspección

La inspección consiste en efectuar mediciones en terreno de los atributos y características que poseen los diferentes elementos que componen la vivienda. Proporciona la información necesaria para realizar un adecuado control en cada etapa del producto, dando pie para mejoras de los procesos que participan en la cadena productiva. Posteriormente, estos resultados se comparan con los requisitos específicos definidos para cada elemento, de manera de establecer la conformidad a través de criterios de aceptación o rechazo.

Esta inspección puede ser realizada por el mandante, la empresa constructora o ambos, a través de un sistema de control que dependa del departamento de calidad de cada entidad, con personal capacitado en métodos de control, así como en el uso de los instrumentos con los cuales se realiza la medición, los que deben tener un control permanente de la calibración y del estado en que se encuentran.

En la construcción, la inspección debe ser realizada en tres puntos dentro de la cadena productiva:

- Inspección y recepción de equipos y materiales
- Inspección de los procesos
- Inspección final

Y considera tres preguntas claves para el proceso de control de calidad:

- ¿Qué inspeccionar?
- ¿Dónde inspeccionar?
- ¿Cuánto inspeccionar?

23.3.1.4 La calidad en el mantenimiento de la vivienda

El mantenimiento de la vivienda en el tiempo, una vez concluida la obra, es una actividad que no siempre es considerada por los usuarios, pero que cada día adquiere más relevancia puesto que es de su responsabilidad, luego de que la Ley General de Urbanismo y Construcciones libera de responsabilidad al gestor inmobiliario (propietario primer vendedor), empresa constructora o proveedores y subcontratistas por las fallas o defectos ocurridos posteriormente a la recepción definitiva, y que fuesen causados por el usuario o adquiriente de la vivienda. Por esta razón, la empresa constructora, en conjunto con los proyectistas, deben desarrollar un documento llamado "Manual de Uso de la Vivienda" que considere aspectos como:

- Funcionalidad
- Seguridad
- Durabilidad
- Confort
- Estética

Estos elementos otorgan habitabilidad a la vivienda y pueden verse afectados por acciones de los usuarios finales.

El manual proporciona una metodología para realizar un control periódico y una mantención a lo largo de la vida útil de la vivienda. Los principales aspectos a los que se deberá hacer referencia en el documento son:

- Identificar los derechos, responsabilidad y deberes del usuario de la vivienda, como los del promotor inmobiliario o propietario primer vendedor.

- Identificar riesgos o acciones negativas causadas por los usuarios que pueden afectar la seguridad, funcionalidad o durabilidad de la vivienda. Para ello, se proporcionan recomendaciones como:

  - Correcta utilización de artefactos domésticos como lavadoras, estufas y planchas; con respecto a su uso, instalación y ubicación. De esta manera se evita, entre otras cosas, sobrecargar el consumo máximo permitido por la instalación eléctrica de la vivienda.

  - Proporcionar la información necesaria que permita al usuario de la vivienda la identificación de síntomas de defectos, sus causas y medidas para dar pronta solución a dichos problemas, por ejemplo:

  - Reconocer filtraciones de cañerías, muros y techumbres producto de aguas lluvia, goteras y filtraciones de artefactos sanitarios y de cocina.

BIBLIOGRAFÍA

- Berríos, N; "La Documentación de un Sistema de Calidad", Boletín de Información Tecnológica, Corporación de Desarrollo Tecnológico, Santiago, Chile, 1999.

- Berríos, N; "La Calidad debe Documentarse", Boletín de Información Tecnológica, Corporación de Desarrollo Tecnológico, Santiago, Chile, 2001.

- D.F.L. N° 458 y D.S N° 47 Ley y Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU).

- Evans, J; Lindsay, W, "Administración y Control de la Calidad", Internacional Thompson Editores, México, 2000.

- Froman, B; "El Manual de la Calidad", Editorial AENOR, Barcelona, España, 1995.

- Maturana, P; Piera, C, "Programa de Dirección de Empresas Constructoras e Inmobiliarias, Gestión de Calidad", Editorial Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile, 1998.

- Unidad de Capacitación y Competencias Laborales, División Ingeniería y Gestión de la Construcción, DICTUC S.A, "Manual para el Mejoramiento de la Gestión", Escuela de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile, 2002.

- www.calidad.org (Fundación para la calidad en Latinoamérica).

- www.cchc.cl (Cámara Chilena de la Construcción).

- www.inn.cl (Instituto Nacional de Normalización).

- www.ine.cl (Instituto Nacional de Estadísticas).


CORPORACION CHILENA DE LA MADERA
CORMA
CHILE PAIS FORESTAL

Anexos



Centro de Transferencia Tecnológica

Anexo I

ANEXO I

ESPESORES Y ANCHOS NOMINALES PARA MADERA ASERRADA Y MADERA CEPILLADA

DIMENSIONES EN MILÍMETROS

DN e _ a	Espesor x ancho										
	Madera	50	63	75	88	100	125	150	175	200	225	250
13	Aserrada verde Aserrada seca Cepillada seca	11 x 48 10 x 45 8 x 41	11 x 60 10 x 57 8 x 53	11 x 73 10 x 69 8 x 65	11 x 86 10 x 82 8 x 78	11 x 98 10 x 94 8 x 90	11 x 123 10 x 118 8 x 114	11 x 148 10 x 142 8 x 138	11 x 173 10 x 166 8 x 162	11 x 200 10 x 190 8 x 185	11 x 223 10 x 214 8 x 210	11 x 248 10 x 235 8 x 230
19	Aserrada verde Aserrada seca Cepillada seca	18 x 48 17 x 45 14 x 41	18 x 60 17 x 57 14 x 53	18 x 73 17 x 69 14 x 65	18 x 86 17 x 82 14 x 78	18 x 98 17 x 94 14 x 90	18 x 123 17 x 118 14 x 114	18 x 148 17 x 142 14 x 138	18 x 173 17 x 166 14 x 162	18 x 200 17 x 190 14 x 185	18 x 223 17 x 214 14 x 210	18 x 248 17 x 235 14 x 230
25	Aserrada verde Aserrada seca Cepillada seca	22 x 48 21 x 45 19 x 41	22 x 60 21 x 57 19 x 53	22 x 73 21 x 69 19 x 65	22 x 86 21 x 82 19 x 78	22 x 98 21 x 94 19 x 90	22 x 123 21 x 118 19 x 114	22 x 148 21 x 142 19 x 138	22 x 173 21 x 166 19 x 162	22 x 200 21 x 190 19 x 185	22 x 223 21 x 214 19 x 210	22 x 248 21 x 235 19 x 230
38	Aserrada verde Aserrada seca Cepillada seca	38 x 48 36 x 45 33 x 41	38 x 60 36 x 57 33 x 53	38 x 73 36 x 69 33 x 65	38 x 86 36 x 82 33 x 78	38 x 98 36 x 94 33 x 90	38 x 123 36 x 118 33 x 114	38 x 148 36 x 142 33 x 138	38 x 173 36 x 166 33 x 162	38 x 200 36 x 190 33 x 185	38 x 223 36 x 214 33 x 210	38 x 248 36 x 235 33 x 230
50	Aserrada verde Aserrada seca Cepillada seca	48 x 48 45 x 45 41 x 41	48 x 60 45 x 57 41 x 53	48 x 73 45 x 69 41 x 65	48 x 86 45 x 82 41 x 78	48 x 98 45 x 94 41 x 90	48 x 123 45 x 118 41 x 114	48 x 148 45 x 142 41 x 138	48 x 173 45 x 166 41 x 162	48 x 200 45 x 190 41 x 185	48 x 223 45 x 214 41 x 210	48 x 248 45 x 235 41 x 230
63	Aserrada verde Aserrada seca Cepillada seca		60 x 60 57 x 57 53 x 53	60 x 73 57 x 69 53 x 65	60 x 86 57 x 82 53 x 78	60 x 98 57 x 94 53 x 90	60 x 123 57 x 118 53 x 114	60 x 148 57 x 142 53 x 138	60 x 173 57 x 166 53 x 162	60 x 200 57 x 190 53 x 185	60 x 223 57 x 214 53 x 210	60 x 248 57 x 235 53 x 230
75	Aserrada verde Aserrada seca Cepillada seca			73 x 73 69 x 69 65 x 65	73 x 86 69 x 82 65 x 78	73 x 98 69 x 94 65 x 90	73 x 123 69 x 118 65 x 114	73x148 69x142 65x138	73 x 173 69 x 166 65 x 162	73 x 200 69 x 190 65 x 185	73 x 223 69 x 214 65 x 210	73 x 248 69 x 235 65 x 230
88	Aserrada verde Aserrada seca Cepillada seca				86 x 86 82 x 82 78 x 78	86 x 98 82 x 94 78 x 90	86 x 123 82 x 118 78 x 114	86 x 148 82 x 142 78 x 138	86 x 173 82 x 166 8 x 162	86 x 200 82 x 190 78 x 185	86 x 223 82 x 214 78 x 210	86 x 248 82 x 235 78 x 230
100	Aserrada verde Aserrada seca Cepillada seca					98 x 98 94 x 94 90 x 90	98 x 123 94 x 118 90 x 114	98 x 148 94 x 142 90 x 138	98 x 173 94 x 166 90 x 162	98 x 200 94 x 190 90 x 185	98 x 223 94 x 214 90 x 210	98 x 248 94 x 235 90 x 230

TABLA DE EQUIVALENCIA ENTRE DIMENSIONES NOMINALES Y DENOMINACIÓN COMERCIAL

DN (mm)	13	19	25	38	50	63	75	88	100	125	150	175	200	225	250
DC (adimen)	1/2	3/4	1	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	5	6	7	8	9	10

Anexo II

EJEMPLO DE CALCULO DE LOS ELEMENTOS COMPONENTES DE UNA CERCHA TIPO Y ESPECIALES, PARA LA FABRICACION DE UNA TECHUMBRE

Se debe disponer de planos de arquitectura, planta, elevación y corte de la techumbre, complementados con los planos de diseño, que muestran la solución estructural de la techumbre.

Las condiciones del proyecto usado de ejemplo son:

- Planta de 5 x 8 m
- Alero de 0,5 m
- Techumbre en intersección de planta 2 x 3 m, con un alero de 0,50 m.
- Altura desde solera de amarre último piso a cumbrera 2,0 m
- Cerchas tipo Pratt y Howe
- Distancia entre cerchas 0,5m a eje

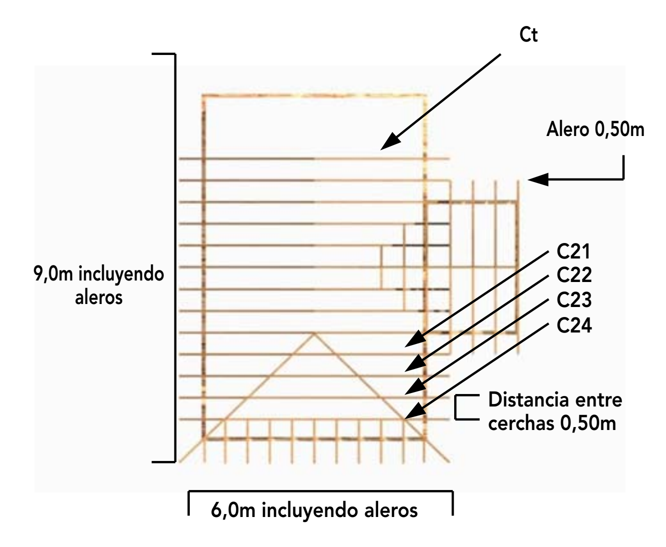


Figura II - 1: Planta de la techumbre, donde se indica la información de la techumbre.

Con esta información se está en condiciones de prefabricar cada uno de los elementos que conforman las distintas cerchas del proyecto (cerchas triangulares, trapecios y especiales).

Para determinar el largo de los elementos en la cercha tipo (Ct), debemos saber el largo del tirante y los pares, luego se siguen las indicaciones para conformar la cercha según el modelo elegido.

Largo del tirante 6 m = (0,5 + 0,5 + 5,0)
Altura cercha 2,0 m por proyecto

$$\sqrt{[(6/2)^2 + 2^2]} = 3{,}605$$

Largo de los pares 3,605 m

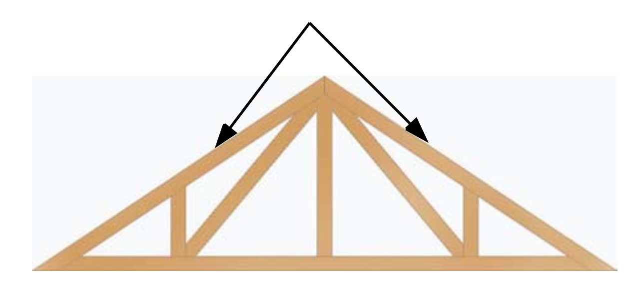


Figura II - 2: Cercha tipo Pratt.

Con esto se tiene definidas las cerchas que llamaremos Ct. Para las cerchas C21 a C24, las cuales se repiten en los dos extremos de la figura, debemos saber en cuánto se debe disminuir su altura secuencialmente y el ancho de la sección recta en la parte superior, como se muestra a continuación.

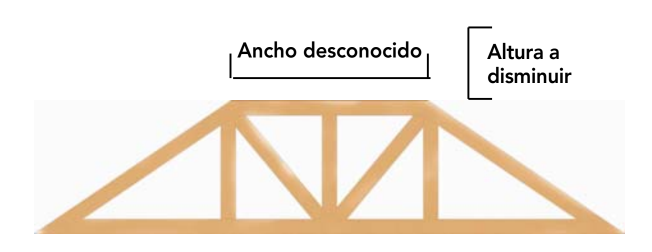
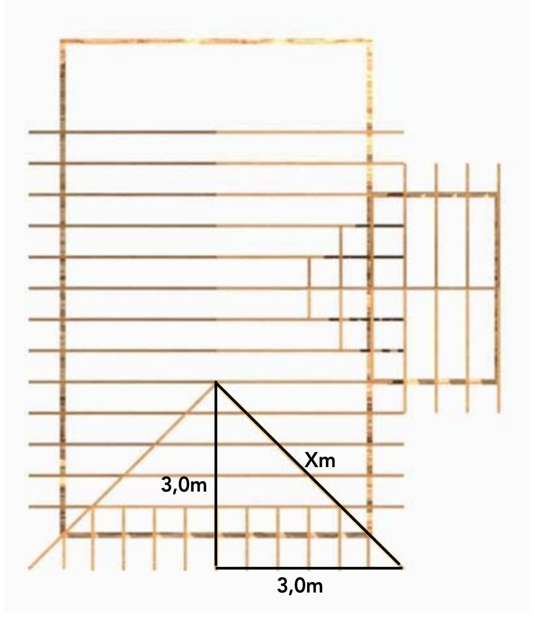


Figura II - 3: Trapecio de diferentes bases y alturas a calcular.

La distancia en planta que hay entre la cercha Ct y la cercha C21, siguiendo la proyección del limatón, se determina formando un triángulo rectángulo cuyos catetos son igual a la mitad del ancho de la proyección en planta de la techumbre que corresponde a 3,0 m cada uno, y la hipotenusa será incógnita (X).

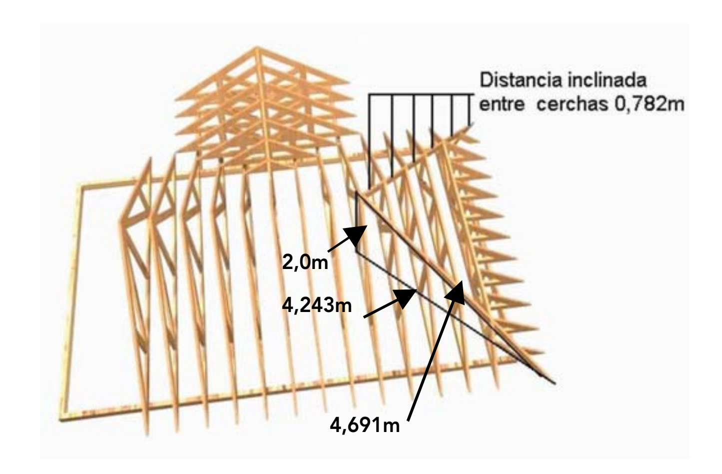


$$\sqrt{3^2+3^2} = X = 4{,}243m$$

4,243 / 6 = 0,707m (distancia horizontal entre cerchas)

Figura II - 4: Determinación del largo de la proyección horizontal del limatón.

Con estos datos se puede determinar el largo del limatón, formando un triángulo rectángulo con un cateto igual a la altura de la techumbre (2,0 m), el otro cateto igual a la hipotenusa recién calculada (4,243 m) y como incógnita la hipotenusa (largo del limatón). El largo del limatón lo dividimos por 6 (número de espacios generados por las cerchas), con lo cual sabremos el largo de la hipotenusa del triángulo rectángulo que se forma entre cercha Ct y C21, C21 y C22 y así sucesivamente.

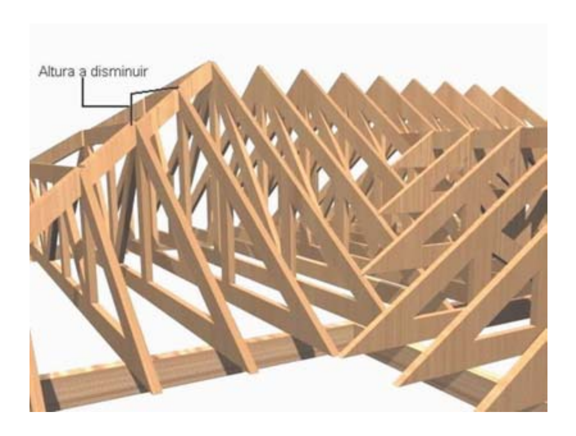


$$\sqrt{2^2+4{,}243^2} = 4{,}691 \text{ m}$$

$$4{,}691 / 6 = 0{,}782 \text{ m}$$

Figura II - 5: Determinación del largo del limatón.

Con los datos de la hipotenusa, igual a 0,782 m y cateto inferior igual a 0,707 m, podemos determinar el segundo cateto, con lo cual se establecerá cuánto debe recortarse sucesivamente en altura las cerchas.

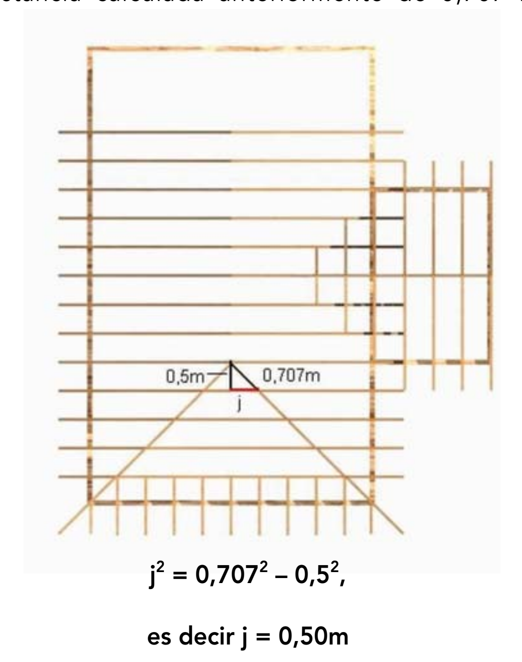


$h^2 = 0{,}782^2 - 0{,}707^2$, es decir $h = 0{,}334$m.

Figura II - 6: Determinación de cuanto se debe disminuir en altura cada cercha.

Cada cercha deberá disminuir su altura en 0,334 m, sucesivamente.

Además se puede determinar el ancho superior que tendrá cada cercha en trapecio. Se sabe que la distancia entre cerchas es de 0,50 m y que el triángulo que se muestra en la figura, cuya incógnita es el cateto j, tiene por hipotenusa la distancia calculada anteriormente de 0,707 m.



$$j^2 = 0{,}707^2 - 0{,}5^2,$$

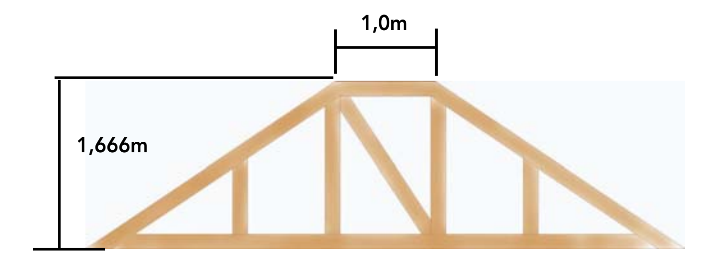
es decir j = 0,50m

Figura II - 7: Determinación de la medida a descontar secuencialmente a cada cercha trapezoidal.

Este valor debe ser multiplicado por dos, con lo cual se obtiene el ancho de la parte superior (base superior del trapecio) de la cercha C21.

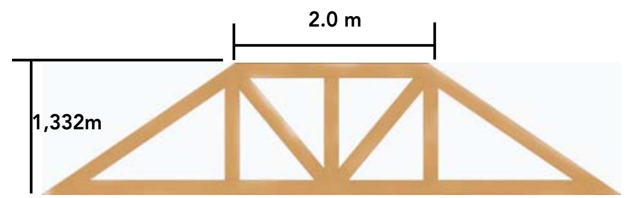
Se realiza el mismo análisis para cada cercha, dado que el limatón es intersectado por cada una de las cerchas en forma proporcional a una distancia constante de 0,50 m, eso hace que cada cercha crezca en ancho de 1,0 m total, con respecto a la anterior.

Según lo anterior, la cercha C21 tendrá las siguientes dimensiones:

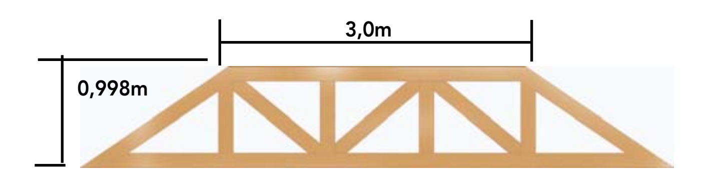


La cercha C22 será:





La cercha C23 será:



La cercha C24 será:

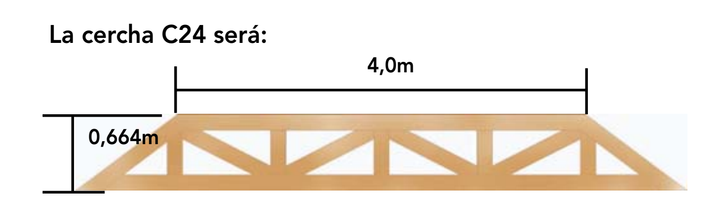


Figura II - 8: Determinación de la dimensión de cerchas trapezoidales.

Con respecto a las cerchas C30, C40 y C51, se deben ocupar las relaciones de triángulos, aplicando el Teorema de Pitágoras, como se hizo anteriormente:

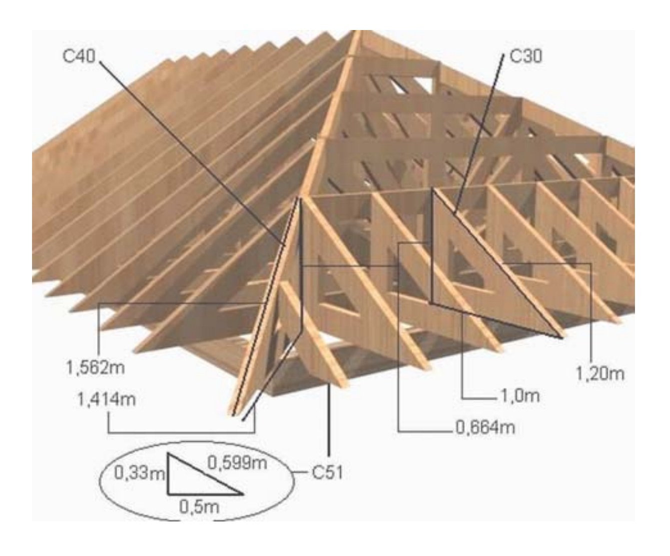


Figura II - 9: Determinación del tamaño de las cerchas C30, C40 y C51.

Cercha C30

$$\sqrt{1{,}0^2 + 0{,}664^2} = 1{,}20m$$

Cercha C40

$$\sqrt{1^2 + 1^2} = 1{,}414m$$

$$2 - 4 * 0{,}334 = 0{,}664\ m$$

$$\sqrt{1{,}414^2 + 0{,}664^2} = 1{,}562m$$

Cercha C51

$$2{,}000 - 0{,}334*5 = 0{,}33\ m$$

$$\sqrt{0{,}33^2 + 0{,}5^2} = 0{,}599\ m$$

Para determinar las cerchas que corresponden a la techumbre en intersección, se deben seguir aplicando los teoremas que se han utilizado.

Por proyecto sabemos que el alto de la techumbre en intersecciones es de 1,33 m, por lo tanto las cerchas CTch quedan definidas por esa altura, y el ancho que tiene por proyecto la techumbre en intersección.

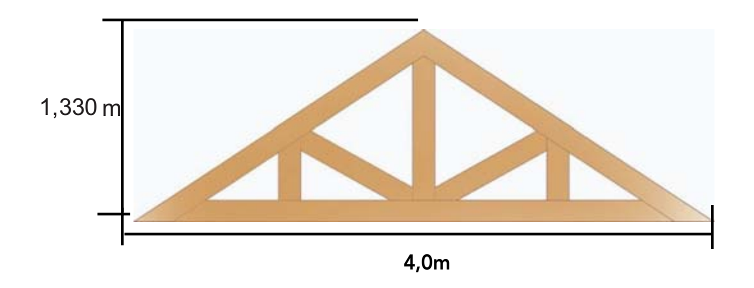
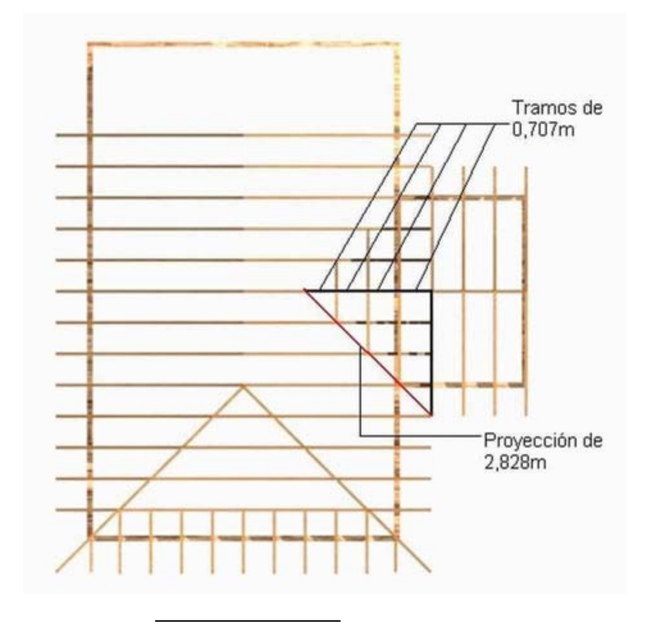


Figura II - 10: *Dimensiones de la cercha dadas por proyecto (Tipo Howe).*

Para determinar en cuanto se debe rebajar cada cercha en forma sucesiva, hay que establecer el largo de la proyección del limahoya.



$$\sqrt{2{,}000^2 + 2{,}000^2} = 2{,}828m$$

Figura II- 11: *Vista en planta donde se determina el rebaje de cada cercha.*

Al dividirlo en cuatro, que son los espacios generados al colocar las cerchas cada 0,500 m, se obtiene cada distancia entre cerchas, siguiendo la línea del limahoya.

$$2{,}828 / 4 = 0{,}707\ m$$

Por otro lado, el largo del limahoya será:

$$\sqrt{1{,}330^2 + 2{,}828^2} = 3{,}125\ m$$

con lo que cada distancia inclinada entre cerchas será:

$$3{,}125 / 4 = 0{,}781\ m$$

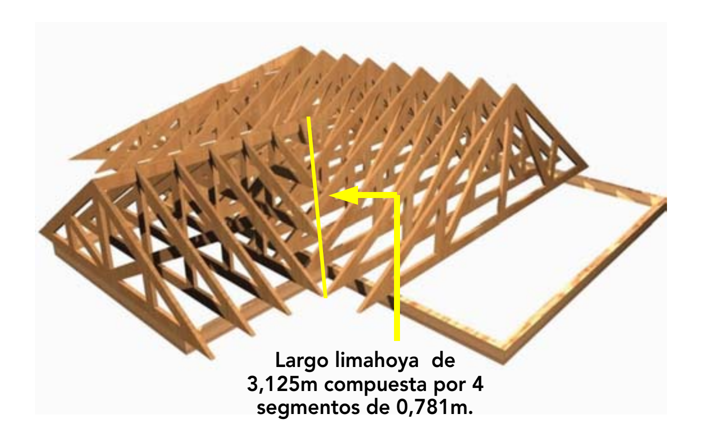


Figura II - 12: *Determinación del largo del limahoya.*

Con estos dos datos se puede determinar cuánto se debe recortar en altura las cerchas secuencialmente, determinando el cateto del triángulo rectángulo que se muestra a continuación.

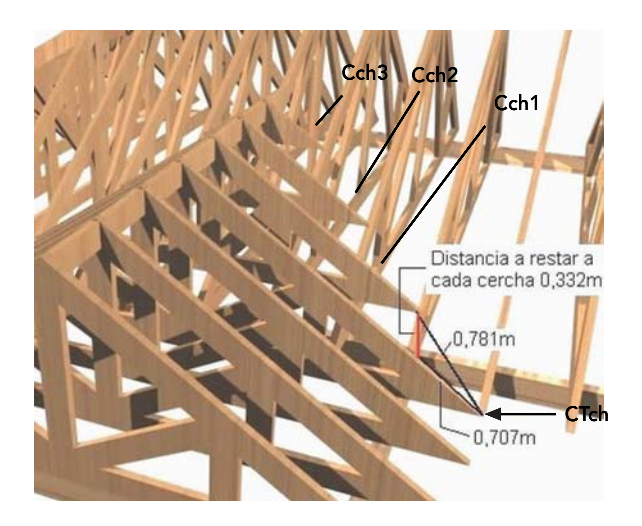


Figura II - 13: Como determinar la magnitud a disminuir a cada cercha.

$$\sqrt{0{,}781^2 - 0{,}707^2} = 0{,}332 \text{ m}$$

Con respecto al ancho, éste se debe ir reduciendo 0,5 m por lado, ya que al analizar el plano de planta, se forma un cuadrado de 0,5 m, lo que corresponde a la disminución del ancho en la base de la cercha.

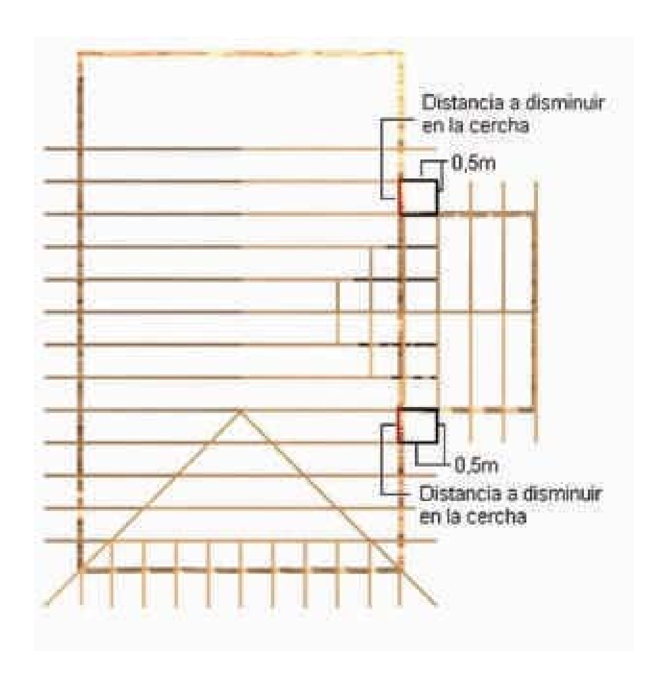
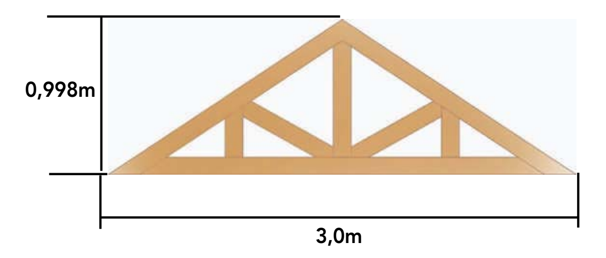
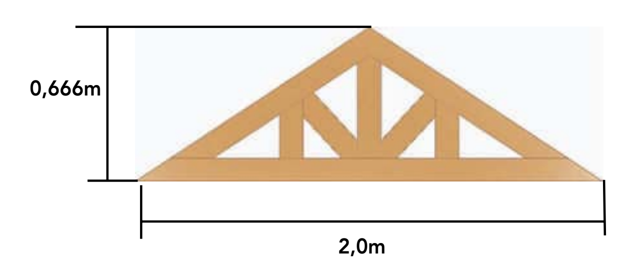


Figura II - 14: Determinación de la magnitud a disminuir en forma secuencial en cada cercha.

Luego la cercha **Cch1** quedará:



Luego la cercha **Cch2** quedará:



Luego la cercha **Cch3** quedará:

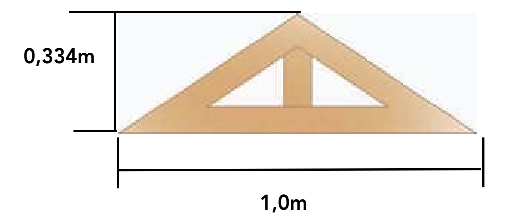


Figura II - 15: Dimensiones de las distintas cerchas involucradas.

Anexo III

ANEXO III

CARTILLAS DE PREVENCIÓN DE RIESGOS

DECRETO N°40 ARTÍCULO 21, DE LA OBLIGACIÓN DE INFORMAR LOS RIESGOS LABORALES.

1.- Carpintero

Características de la especialidad	Riesgos	Medidas de prevención
El carpintero realiza tareas relacionadas con preparación, colocación y tratamiento de maderas de distinto tipo, ya sean en bruto, elaboradas o en placas de madera reconstituida. **1.- Tareas que realiza:** • Saca niveles y realiza trazados de elementos geométricos complejos. • Realiza movimientos repetitivos y levantamiento de cargas. • Ejecuta toda la obra gruesa en el caso de viviendas de madera, como: entramados horizontales, verticales e inclinados. • Trazado y construcción de escaleras. • Coloca puertas, ventanas, mamparas, persianas y otros con su quincallería: chapas, picaportes, españoletas, bisagras, etc.. • Coloca revestimientos especiales de madera, yeso, fibrocemento y plásticos. • Ejecuta toda clase de terminaciones interiores o exteriores en madera, como colocación de cubrejuntas, cornisas, pilastras, guardapolvos, tapacanes, etc..	**1.- En las tareas:** • Contacto con elementos cortantes o punzantes en la manipulación de herramientas de la especialidad, con materiales cortantes como planchas de formalita u otros. • Astilladuras en las manos en la manipulación de madera en bruto. • Contacto con energía eléctrica en el uso de herramientas eléctricas, extensiones en malas condiciones o tiradas sobre el suelo en presencia de agua o humedad. • Caídas del mismo nivel al circular por la obra o en los andamios por acumulación de diversos materiales que impiden una circulación expedita. • Caídas de altura en labores que se realicen sobre andamios, caballetes o escalas, en terminaciones de cielos o aleros. • Golpes en manos o pies por diversos elementos que puedan existir en las superficies de trabajo y en la manipulación de materiales o herramientas de la especialidad. • Sobreesfuerzos en la manipulación de materiales como planchas, muebles u otros.	**1.- En las tareas:** • Usar los elementos de protección personal adecuados al riesgo a cubrir. • Usar solamente herramientas eléctricas que cuenten con sus protecciones, cables, enchufes y extensiones en buen estado. • En trabajos sobre andamios asegurarse que el andamio esté aplomado, nivelado, con sus diagonales, arriostrado al edificio, que cuenta con cuatro tablones y barandas de protección, además se debe evitar acumular materiales que puedan dificultar la circulación por ellos o sobrecargar excesivamente la plataforma de trabajo. • En el uso de escalas asegurarse que la escala esté bien construida, que sus largueros sobrepasen en un metro el punto de apoyo, que se apoya firmemente en el piso y con un ángulo que asegure su estabilidad al subir o bajar. • Al realizar actividades de levantamiento de cargas evitar las repeticiones sin intervalos de descanso, asegurarse de doblar las rodillas para recoger cargas del suelo y evitar girar el tronco con cargas en los brazos. • Al realizar labores de barnizado o pintura con solventes, asegurarse de ejecutar las tareas en lugares bien ventilados, cuidando de no usar llamas abiertas.

(continuación)

Características de la especialidad	Riesgos	Medidas de prevención
• Ocasionalmente construye estructuras auxiliares como andamios, rampas, escaleras y otros. • Fabrica clósets completos, vanitorios y muebles de cocina. • Realiza terminaciones con pintura o barnices en madera. **2.- Lugares de trabajo:** • Realiza labores en el exterior e interior. • Trabaja sobre caballetes o andamios. • A nivel del terreno, en colocación de elementos diversos. • En altura, en el montaje de cielos, colocación de cornisas o terminaciones de aleros. **3.- Herramientas y equipos:** • Huincha, plomo, nivel, tizador, escuadras. • Martillos, serruchos, alicates, destornilladores, hazuela, llaves de punta. • Formones, cepillo, escofinas, limas, raspadores, prensas. • Sierra circular portátil, taladro, cepilladora eléctrica, caladora, tupí portátil. • Banco de sierra circular, lijadora rotatoria o de banda. **4.- Sub-especialidades:** • De terminaciones. • Escalera. • Mueblista.	• Exposición a vapores tóxicos en la aplicación de barnices o pinturas de elementos de madera, en lugares cerrados. **2.- En el lugar de trabajo:** • Frentes de trabajo o vías de circulación con materiales en desorden. • Pisos resbaladizos por presencia de agua. • Caballetes o andamios mal estructurados. • Zonas de circulación obstruidas. • Contaminación con polvo en suspensión, debido a operación de sierra circular portátil o de banco, en lugares mal ventilados. • Frentes de trabajo en niveles bajos, sin protección ante la caída de objetos de pisos superiores.	**2.- En el lugar de trabajo:** • Mantener el frente de trabajo limpio y ordenado. • Reforzar caballetes o andamios que se observen mal construidos. • Evitar realizar labores de aserrado de madera en lugares mal ventilados. • Usar en todo momento que se circula por la obra un casco de seguridad. • Al realizar labores en primeros niveles, asegurarse de estar protegido ante la posible caída de objetos. **3.- Restricciones físicas:** Se considera que las siguientes restricciones evaluadas y controladas, no deberían ser impedimento para realizar las labores de la especialidad, pero en caso de no estar controladas mediante un tratamiento médico, pueden implicar un riesgo para la seguridad personal del trabajador o para sus compañeros de labores. **3.1.- En altura física:** • Epilepsia • Problemas de equilibrio o visuales • Mala coordinación motora **3.2.- En altura geográfica:** • Hipertensión arterial • Problemas respiratorios **3.3.- En las tareas:** • Alergia a solventes de barnices o pinturas • Dolores lumbares crónicos **4.- Elementos de protección personal a usar:** • Casco y zapatos de seguridad en forma permanente. • Guantes de cuero para la manipulación de tablones o planchas. • Guantes de goma para la aplicación de barnices o pinturas con solventes. • Protector auditivo, facial y respirador en el uso de banco de sierra circular. • Cinturón de seguridad para trabajos en altura afianzado a cuerda de vida.

DECRETO N°40 ARTÍCULO 21, DE LA OBLIGACIÓN DE INFORMAR LOS RIESGOS LABORALES.

2.- Operador banco de sierra para cortar madera

Características del equipo	Riesgos	Medidas de prevención
Banco de sierra eléctrico estándar utilizado para diferentes cortes de madera en obra. **1.- Puntos críticos:** • **Motor eléctrico:** elemento propulsor de la máquina. • **Alimentación eléctrica:** cable blindado, automático y enchufe con tierra de protección. • Hoja de corte, dependiente del material a cortar. • Mesa de apoyo del material. • Guía de corte. • Casquete de protección y separador de corte. **2.-Elementos de protección personal a usar:** • Zapatos de seguridad. • Protector auditivo. • Protector facial. • Guantes antideslizantes y respirador para corte de ladrillos.	**1.- En la hoja:** • Rotura del disco y proyección de esquirlas en la dirección del giro. • Usar la hoja inadecuada para el material que se cortará. • Usar hoja sin filo, sin traba o trizada. • Tocar la hoja, luego de una operación prolongada. • Forzar la hoja para montarla o apretarla demasiado. • Cambiar la hoja sin desconectar la alimentación eléctrica. **2.- En el operador:** • Forzar el corte por apuro en la tarea. • Operarlo mal por operador sin experiencia o sin instrucción. • Quemaduras por contacto con la hoja caliente y por contacto con materiales. • Golpes en los pies por caída de materiales. • Atrapamiento de puños amplios o sueltos de ropa de trabajo con la hoja. • Realizar cortes de madera de pequeñas dimensiones sin elementos auxiliares. • Heridas por manipular materiales con bordes cortantes o rebarbas. • No usar los elementos de protección personal. **3.- En la operación del equipo:** • Protección de partículas al cuerpo del operador. • Rechazo de la madera por nudos o madera húmeda. • Proyección del material al inclinarlo cuando está inserto en la hoja. • Operar sin el casquete de protección. • Contacto de las manos con el disco en movimiento. • Contacto con energía eléctrica por falta de tierra de protección.	**1.- En la hoja:** • Usar la hoja adecuada para el material que se cortará. • Verificar permanentemente el buen estado de la hoja y su alineación. • Evitar forzar o apretar demasiado la hoja para montarla. • Desconectar la alimentación eléctrica para cambiar la hoja. **2.- En el operador:** • Realizar la operación a la velocidad de corte del material, evite apurar la tarea. • Si no sabe operar o cambiar la hoja, solicite instrucciones. • Si la hoja se calienta, deténgase y espere unos minutos antes de continuar. • Usar los elementos de protección personal. • Usar sólo ropa de trabajo ajustada, sin elementos sueltos. **3.- En la operación del equipo:** • Antes de operar, verificar el estado del equipo, su instalación eléctrica y protecciones. • Usar permanentemente el casquete protector. • Evitar inclinar el material cuando está inserto en la hoja. • Proteger con tarjeta-candado el mando o tablero de operación. • Usar empujadores en corte de elementos pequeños. **4.- En el lugar de trabajo:** • Operar en área despejada, limpia y ordenada. • Evitar operar en sectores húmedos o con presencia de agua. • Ubicar el puesto de trabajo en un sector protegido ante la caída de materiales.

DECRETO N°40 ARTÍCULO 21, DE LA OBLIGACIÓN DE INFORMAR LOS RIESGOS LABORALES.

3.- Electricista

Características de la especialidad	Riesgos	Medidas de prevención
El electricista ejecuta todo tipo de instalaciones eléctricas, de alumbrado o fuerza y realiza su mantención. **1.- Tareas que realiza:** • Realiza instalaciones eléctricas provisorias y definitivas. • Ejecuta instalaciones de alumbrado. • Ejecuta instalaciones de fuerza: motores monofásicos, trifásicos, motobombas y motogeneradores. • Instala botoneras de comando de equipos. • Construye mallas de tierra y efectúa su medición posterior. • Traza y ejecuta canalizaciones aéreas y subterráneas. • Prepara, hace hilos y coloca tuberías o cañerías galvanizadas para recibir conductores. • Ejecuta postaciones, instala ferretería y tendido eléctrico aéreo. • Prepara tuberías plásticas, corta, pule, curva con calor y pega. • Alambra canalizaciones y conecta tableros de control. Realiza montaje de escalerillas y bandejas portaconductores. • Suelda todo tipo de terminales para conductores. • Levanta y transporta elementos pesados. **2.- Lugares de trabajo:** • Realiza labores en el exterior e interior. • Trabaja a nivel del terreno en la instalación de canalizaciones, alumbrado, montaje de tableros o en su taller. • Trabaja bajo el nivel de terreno en la instalación de canalizaciones subterráneas, su alumbrado, en la construcción de mallas de tierra y cámaras de inspección. • En altura en el montaje y mantención de líneas aéreas, instalación de escalerillas y bandejas portaconductores, en alambrado y tendido en postes.	**1.- En las tareas:** • Contacto con partículas en los ojos en el corte de materiales con galletera, en el picado de albañilería u hormigón, al perforar con sierras copa y labores con caladoras. • Contacto con elementos cortantes o punzantes en la manipulación de herramientas de la especialidad, con materiales cortantes. • Contacto con energía eléctrica en la ejecución y mantención de instalaciones eléctricas vivas o en el uso de herramientas eléctricas de la especialidad. • Contacto con elementos calientes en labores de doblado de tuberías con calor o soldando terminales. • Caídas del mismo nivel al circular por la obra, por acumulación de diversos materiales que impidan caminar en forma expedita. • Caídas de altura en la ejecución o mantención de instalaciones eléctricas aéreas. • Golpes en manos o pies por diversos elementos que puedan existir en las superficies de trabajo y en la manipulación de materiales o herramientas de la especialidad. • Sobreesfuerzos en el manejo manual de materiales y piezas o partes de equipos o al realizar fuerzas con herramientas de la especialidad. **2.- En el lugar de trabajo:** • Caídas por zonas de circulación obstruidas. • Caídas desde andamios móviles. • Caídas en shaft o aberturas de instalaciones sin protección. • Pisos resbaladizos por humedad o aceites. • Tableros eléctricos provisorios sin tapas o conexiones con cables vivos. • Atrapamientos en excavaciones en zanjas, por derrumbe de paredes.	**1.- En las tareas:** • Usar los elementos de protección personal adecuados al riesgo a cubrir. • Usar solamente herramientas eléctricas que cuenten con sus protecciones, cables, enchufes y extensiones en buen estado. • Nunca desarmarlas sin desconectar su alimentación. • Evitar trabajar en las instalaciones con energía, desconectar antes de intervenir circuitos. • En trabajos sobre andamios asegurarse que el andamio esté aplomado, nivelado, con sus diagonales, arriostrado al edificio, que cuenta con cuatro tablones y barandas de protección, además se debe evitar acumular materiales que puedan dificultar la circulación por ellos o sobrecargar excesivamente la plataforma de trabajo. • Al trabajar sobre escalas asegurarse que esté bien construida, que se apoya firmemente en el piso con un ángulo que asegure su estabilidad al subir o bajar y nunca bajar dando la espalda a la escalera. • Al trabajar sobre escalas de tijeras asegurarse que esté bien construida, con bases antideslizantes y que cuenta con seguro para evitar su apertura. • Trabajar con moldes para termofusiones en buenas condiciones, sin perforaciones. • En la ejecución de instalaciones eléctricas aéreas apoyar firmemente la escala y trabajar con cinturón de seguridad de liniero alrededor del poste. • Al realizar actividades de levantamiento de cargas, evitar las repeticiones sin intervalos de descanso, asegurarse de doblar las rodillas para recoger cargas del suelo y evitar girar el tronco con cargas en los brazos. **2.- En el lugar de trabajo:** • Realizar las instalaciones eléctricas provisorias aéreas para evitar el contacto con agua, humedad y que se deterioren. • Realizar la puesta a tierra de todos los equipos eléctricos como betoneras, grúas torre, etc.

(continuación)

Características de la especialidad	Riesgos	Medidas de prevención
• Circula por toda la obra, por escalas, pasarelas, andamios, etc. para desplazarse a su puesto de trabajo. **3.- Herramientas y equipos:** • Combos, puntos, cinceles • Alicates, destornilladores, pelacables, cuchillos • Limas, sierras, brocas, sierras copa • Terrajas • Prensas cadena • Galletera, taladro, caladoras • Soplete a gas • Cautín eléctrico • Instrumentos para medir voltaje, intensidad de corriente, etc. **4.- Sub-especialidades:** • Instalador eléctrico • Electricista montador • Electricista instrumentista	• Explosión o incendio por presencia de combustibles en las cercanías de labores de soldadura o corte con galletera. • Caballetes, escalas o andamios mal construidos o deficientemente estructurados. • Frentes de trabajo en niveles bajos, sin protección ante la caída de objetos de pisos superiores.	• En labores en excavación no permitir faenas que produzcan vibración en las cercanías de éstas y estar atento a movimientos de las paredes de excavaciones, aparición de grietas en el borde o a la presencia de filtraciones de agua. • Evitar realizar labores de corte con galletera o usar soplete en lugares donde existan materiales combustibles. • Solicitar el refuerzo de caballetes o andamios que se observen mal estructurados. • Al realizar labores en primeros niveles, asegurarse de estar protegido ante la posible caída de objetos. • Mantenga su taller limpio y ordenado, evite acumulación de desechos impregnados en líquidos combustibles y mantenga siempre un extintor operativo. **3.- Restricciones físicas:** Se considera que las siguientes restricciones evaluadas y controladas, no deberían ser impedimento para realizar las labores de la especialidad, pero en caso de no estar controladas mediante un tratamiento médico, pueden implicar un riesgo para la seguridad personal del trabajador o para sus compañeros de labores. **3.1.- En altura física:** • Epilepsia • Vértigo • Problemas de equilibrio o visuales • Mala coordinación motora **3.2.- En altura geográfica:** • Hipertensión arterial • Problemas respiratorios **3.3.- En las tareas:** • Dolores lumbares crónicos **4.- Elementos de protección personal a usar:** • Casco y zapatos de seguridad en forma permanente. • Guantes de cuero para manipular materiales cortantes y para calentar tuberías con soplete. • Plataforma aislada y guantes dieléctricos para trabajos en instalaciones con energía. • Protector auditivo, facial y respirador en el uso de galletera. • Protector facial en la construcción de mallas de tierra, por efecto de las termofusiones. • Cinturón de seguridad de liniero en la ejecución de instalaciones eléctricas aéreas y para trabajos sobre estructuras en altura. • Cinturón de seguridad con arnés en trabajos en altura.

1.- Uso de andamios metálicos

Riesgos	Medidas de prevención	Equipos de protección individual
Caídas de personas a distinto nivel	• Procurar que el encargado de los trabajos compruebe que el andamio ha sido montado siguiendo las instrucciones de montaje y que los distintos niveles de las plataformas son coherentes con los trabajos a realizar. • Informar al equipo que va a trabajar en el andamio sobre el uso de los accesos previstos y de la prohibición de anular o quitar algún elemento de la estructura del andamio o de seguridad del mismo. • Verificar que todas las plataformas de trabajo tengan barandillas en todo su perímetro. • Verificar que las barandillas sean rígidas y resistentes, debiendo aguantar los impactos en cualquier dirección sin deformarse ni desmontarse. • Procurar que la barandilla superior tenga una altura mínima de 0,90 m y la intermedia de 0,45 m, ambas medidas desde la plataforma de trabajo. • Procurar que las plataformas de trabajo, si no son integradas en la estructura del andamio, tengan una anchura mínima de 0,60 m y sean sólidas y resistentes. • Fijar las plataformas a la estructura para asegurar su estabilidad. • Proteger con barandillas todo hueco o abertura (para subir o bajar de los andamios) en las plataformas de trabajo o disponer de un sistema de tapa para impedir las caídas. • Subir o bajar del andamio por los accesos previstos. Está prohibido hacerlo por los elementos del mismo andamio fuera de los accesos indicados. • Si algún trabajo puntual se ejecuta fuera de las plataformas de trabajo, usar el cinturón de seguridad, tipo arnés, amarrado a puntos previamente fijados. • En los trabajos de montaje, desmontaje, cambio de nivel de las plataformas, etc. usar el cinturón de seguridad.	• **Cinturón tipo arnés con dispositivo anticaídas.**

(continuación)

Riesgos	Medidas de prevención	Equipos de protección individual
Caída por desplome o derrumbamiento del andamio	• Procurar que la estructura del andamio sea calculada por un ingeniero especialista cuando su envergadura supere las tres plantas. • Será la empresa fabricante la que planteará las necesidades de cálculo y los procedimientos a seguir. Incluso puede que sea necesaria la intervención de sus técnicos en el diseño y montaje de obras singulares. • Procurar un apoyo firme en el suelo, comprobando la naturaleza del mismo y utilizando durmientes de madera o bases de hormigón que realicen un buen reparto de las cargas en el terreno, manteniendo la horizontalidad del andamio. • Periódicamente y siempre después de una larga inactividad, fuerte lluvia, vientos, etc., inspeccionar el andamio. • Mantener todos los elementos rigidizadores, puntos de anclaje, etc., disponiendo los elementos en la obra según las instrucciones del montaje. • No sobrecargar las plataformas de trabajo, respetando siempre las cargas móviles que se indiquen en las instrucciones de mantenimiento del andamio. • Procurar que todo elemento de la estructura del andamio (plataforma, puntual, montaje, travesaño, cruceta, barandilla, etc.) que haya sufrido algún daño, sea sustituido. • Procurar que toda manipulación en el andamio sea hecha por una persona competente, teniendo en cuenta la incidencia sobre el resto de la estructura. • Si el andamio ocupa suelo de dominio público, obtener las licencias y permisos correspondientes, cumpliendo las recomendaciones de los permisos. • En caso de ocupar la acera, encauzar y proteger la circulación de los peatones. • Cuando el andamio ocupe o se aproxime a vías abiertas a la circulación de vehículos, señalizar la zona ocupada, protegiendo el andamio contra impactos, con cerramiento tipo biombo o similar. • Eliminar los puntos de anclaje de forma descendente y sólo en el nivel de los elementos que se están desmontando.	

(continuación)

Riesgos	Medidas de prevención	Equipos de protección individual
Caída de objetos desprendidos	• Realizar los acopios en forma ordenada y siempre en las zonas asignadas. • Mantener las herramientas que no se estén usando en cinturones porta-herramientas o en cajas dispuestas para ello. • Acotar y cerrar la vertical de los trabajos para aislarla de la circulación de las personas. • No trabajar en niveles inferiores si no se han tomado medidas para evitar la caída de objetos. • Proteger todas las plataformas de trabajo, huecos horizontales, etc. con rodapiés. • Disponer de redes, marquesinas o similares para evitar la caída de objetos a zonas de peligro.	• **Casco de seguridad**
Sobreesfuerzos	• Informar a los trabajadores sobre las posturas correctas de trabajo y manejo de materiales. • Verificar que los niveles de las plataformas correspondan a las exigencias de los trabajos a desarrollar (revestimientos, reparaciones, pintura, etc.), considerando que la mejor postura de trabajo se desarrolla entre las alturas de 0,50 m y 1,50 m de la plataforma de trabajo.	• **Faja elástica para protección del tronco**
Contactos eléctricos	• Procurar que las máquinas y herramientas estén protegidas contra los contactos indirectos mediante toma de tierra y disyuntor diferencial de 0,03 A o protecciones similares (baja tensión, etc.). • No aproximar la estructura del andamio a menos de 5 m de una línea eléctrica aérea. En estos casos se desviará o aislará la línea. • No ejecutar trabajos a menos de 5 m de una línea eléctrica aérea; en estos casos se debe parar el trabajo hasta recibir órdenes del jefe de los trabajos. • Informar a todo el equipo que vaya a trabajar sobre el andamio de estas normas y de las específicas del trabajo a desarrollar.	• **Guantes dieléctricos** • **Casco de seguridad dieléctrico** • **Calzado de seguridad con suela aislante**

1.- Uso de escalera manual

Riesgos	Medidas de prevención	Equipos de protección individual
Caída a distinto nivel por mal estado de la escalera de mano	• Prohibir el uso de escaleras de mano de construcción improvisada. • Mantener las escaleras de mano en buen estado y rechazar aquellas que no estén en buenas condiciones. • Verificar que los peldaños no estén ni flojos ni rotos, no tengan clavos salientes ni escalones reemplazados por barras o cuerdas. • Procurar que los espacios entre escalones sean iguales. • Procurar que las escaleras de mano de madera no estén pintadas, ya que eso dificulta la detección de posibles defectos. • No dejar tiradas las escaleras por la obra ni almacenar en lugares húmedos o a la intemperie, donde puedan estropearse por las inclemencias del tiempo. • Verificar que las escaleras metálicas no presenten deformaciones ni golpes que puedan disminuir su resistencia. • Procurar que las escaleras metálicas dispongan de una capa de pintura antioxidante para preservarla de las agresiones de la intemperie. • Destinar un lugar apropiado para su almacenamiento después de usarla.	• **Cinturón de seguridad anclado a un punto fijo e independiente de la escalera**
Caída a distinto nivel por escalera de mano inadecuada	• Procurar que las escaleras de mano tengan la resistencia, solidez y longitud adecuada. Tener en cuenta las limitaciones establecidas por el fabricante. • No emplear escaleras de mano de más de 5 m de longitud de cuya resistencia no se tenga garantías. • No utilizar las escaleras de tijeras para sustentar plataformas de trabajo, realizando la tarea de caballetes. • No apoyar nunca las escaleras de mano sobre un andamio (doble pie derecho) u otro elemento afín para aumentar la altura a salvar por la escalera.	• **Cinturón de seguridad anclado a un punto fijo e independiente de la escalera**

(continuación)

Riesgos	Medidas de prevención	Equipos de protección individual
Caída a distinto nivel por actos inseguros	• Utilizar la escalera siguiendo las instrucciones y con las limitaciones establecidas por el fabricante. • Procurar que el ascenso y descenso de los trabajadores por la escalera se realice de cara a la misma y agarrándose con las manos en los escalones, no a los largueros. Nunca de espaldas. • Efectuar los trabajos a más de 3,5 m de altura que requieran movimientos o esfuerzos peligrosos para la estabilidad del trabajador, sólo si se utiliza cinturón de seguridad o se aplican otras medidas de protección alternativas. • Prohibir el transporte y manipulación de cargas desde las escaleras de mano cuando su peso o dimensiones puedan comprometer la seguridad del trabajador. • Procurar que el ascenso o descenso de la escalera se realice con ambas manos libres. • Procurar que las escaleras de mano no se utilicen por dos o más personas simultáneamente. • Subido a la escalera, no tratar de alcanzar puntos que estén a distancia y obliguen al trabajador a estirarse. Lo seguro es desplazar la escalera tantas veces como sea necesario desde abajo, nunca subido a la escalera.	• **Cinturón de seguridad anclado a un punto fijo e independiente de la escalera**
Caída a distinto nivel por desplazamiento, inclinación, etc. de la escalera de mano	• Verificar que las escaleras de mano dispongan de zapatas antideslizantes o, en caso contrario, colocar algún elemento que impida su deslizamiento. • Apoyar las escaleras en una base estable, segura, bien nivelada, nunca sobre materiales cerámicos, barriles, etc. • Apoyar siempre la escalera por los montantes o largueros, nunca por los peldaños. • Colocar las escaleras de mano simples, en la medida de lo posible, formando un ángulo aproximado de 75° con la horizontal. • Si es necesario, sujetar la parte superior de las escaleras simples al paramento sobre el que se apoyen.	• **Cinturón de seguridad anclado a punto fijo e independiente de la escalera**

(continuación)

Riesgos	Medidas de prevención	Equipos de protección individual
	• Verificar que los largueros de las escaleras se prolonguen al menos un metro por encima del nivel de llegada. • Procurar que las escaleras de tijeras dispongan de elementos de seguridad que impidan su apertura. • No colocar las escaleras de mano al lado de aberturas, tanto verticales como horizontales. Si esto no se puede evitar, cubrir las aberturas con redes protectoras u otros elementos que protejan al trabajador de la caída. • Procurar que las escaleras telescópicas dispongan como máximo de dos tramos de prolongación, además del de base. La longitud total del conjunto no superará los 12 m. • Estarán equipadas con dispositivos de enclavamiento y correderas que permitan fijar la longitud de la escalera en cualquier posición, de forma que coincidan siempre los peldaños sin formar dobles eslabones.	
Choques y golpes contra la escalera	• Guardar la escalera de mano en lugares donde no se invadan zonas de paso. • Cuando se transporte una escalera, llevar la parte delantera elevada, poniendo atención de no golpear a otra persona, ni tropezar con obstáculos. • Cuando se coloque la escalera de mano en una zona próxima a puertas o pasillos, tener las puertas abiertas y señalizar la escalera para impedir que alguna persona se pueda golpear con ella. • Cuando se transporte una escalera que es demasiado pesada o larga, realizar el transporte entre dos personas.	• **Calzado de seguridad** • **Casco de seguridad**
Contactos eléctricos	• No acercar escaleras metálicas a instalaciones eléctricas. • En los trabajos con energía eléctrica o cerca de ella, utilizar siempre escaleras de madera. • No apoyar la escalera sobre cables eléctricos, cuadros eléctricos u otras instalaciones.	• **Guantes aislantes** • **Casco aislante** • **Calzado de seguridad con suela aislante**

Anexo IV

ANEXO IV

MANUAL DE CALIDAD, PROCEDIMIENTOS Y PLAN DE CONTROL DE CALIDAD

MANUAL DE PROCEDIMIENTOS

INTRODUCCIÓN

En el manual de calidad quedarán establecidas las políticas y objetivos que guiarán a la empresa a gestionar la calidad en la ejecución de los proyectos que ésta realice, así también, se describirá el sistema de calidad y todas aquellas acciones que permitan a la organización el logro de sus metas.

El documento deberá describir la realidad de la empresa y de las disposiciones tomadas por ella en materia de gestión de calidad. Importa por lo tanto, que el manual emane directamente de la organización afectada, y sobre todo, que no sea solamente una "carátula" para la adjudicación de una propuesta.

La empresa deberá evitar adaptar un manual de calidad ya diseñado, sea éste un manual tipo o uno desarrollado para otra organización.

Se deberá elaborar en función de las características propias de la empresa y en su redacción es recomendable la participación de aquellos empleados que posteriormente harán uso de éste, así se logrará un compromiso de aplicar aquellas disposiciones que les afectan directamente.

A continuación, se presentan las principales características que deberán ser consideradas por una empresa constructora para desarrollar un manual de calidad con el cual se logre cumplir las metas que involucra la gestión de calidad.

La estructura del manual, así como el sistema de calidad utilizado por la empresa, podrá tomar variadas formas dependiendo principalmente de las características propias de ella, tales como su tamaño, estructura y políticas de calidad que muevan a la empresa constructora.

La estructura del manual será de gran importancia, ya que proporcionará tanto a los usuarios internos como a los auditores, la claridad para su utilización a través de la fácil identificación de responsabilidades, funciones, procedimientos e instrumentos que permitirán el logro de los objetivos de calidad propuestos por la empresa.

La estructura del manual se traduce en su tabla de contenidos, la que, en general, se compone de los siguientes puntos:

- Tabla de modificaciones realizadas al manual
- Indice
- Introducción
- Objeto y alcance del manual
- Política y objetivos de calidad
- Estructura y responsabilidades de la organización
- Sistema de calidad de la organización
- Auditoría interna del sistema de calidad de la empresa

OBJETIVO Y ALCANCE DEL MANUAL DE CALIDAD

El principal objetivo del manual de calidad es documentar las disposiciones adoptadas por la empresa constructora en cuanto a las medidas de gestión de calidad que serán utilizadas para el desarrollo de sus proyectos y el logro de las metas que involucra. Para ello, el manual deberá cumplir con las siguientes características:

- Definir las políticas de calidad que rigen el actuar de la empresa.
- Establecer las responsabilidades y obligaciones de los distintos niveles y participantes de la empresa.
- Describir el sistema de calidad de la empresa para su organización central y en cada proyecto ejecutado por ella.
- Establecer el método de auditoría interna del sistema de calidad utilizado.

La empresa deberá definir el alcance o campo de aplicación que tendrá el manual de calidad, indicando en qué casos será utilizado, por ejemplo, el tipo de construcciones o proyectos que quedarán afectos a las disposiciones convenidas por la empresa.

El manual también deberá indicar la finalidad que la empresa le otorga a éste, es decir, si es para el uso interno o bien para uso externo o contractual.

POLÍTICA DE CALIDAD DE LA EMPRESA

La gerencia de la empresa tiene la responsabilidad de definir y documentar su política de calidad, la cual deberá ser pertinente a los objetivos de la organización y a las expectativas de sus clientes. La gerencia deberá asegurar que su política sea implementada en todos los niveles de la organización y entendida por todos los participantes en cada uno de ellos.

La política de calidad deberá estar enfocada a permitir que la empresa alcance una posición de liderazgo de calidad en el mercado nacional. Para ello, las siguientes políticas permitirán guiar los esfuerzos de la organización al logro de dicho objetivo:

- Lograr la satisfacción de sus clientes, excediendo sus expectativas con respecto a la calidad del producto.
- Dar cumplimiento a los requerimientos de los proyectos que construye.
- Lograr una mejora continua de los productos y procesos a través de la retroalimentación respecto de su desempeño.
- Participar de los logros a todo el personal de la empresa que es responsable en la ejecución de un proyecto.

OBJETIVO DE CALIDAD DE LA EMPRESA

La empresa deberá establecer los objetivos específicos de calidad, y en función de ellos, determinar la cantidad de recursos que deberán ser destinados al sistema implementado para dar cumplimiento a las políticas ya definidas.

Los objetivos se deberán plantear de forma clara y concreta, además de establecer metas numéricas que permitan a la empresa realizar una evaluación del sistema utilizado, así como un análisis de aquellos objetivos que no han sido logrados, identificando las causas y los nuevos recursos que deberán ser dispuestos para lograr su cumplimiento. Dentro de los objetivos que deberán ser logrados con la utilización del sistema de calidad se encuentran:

- La calidad en la ejecución y satisfacción de los clientes.
- Aumento de la productividad.
- Disminución de los costos por fallas.
- Aumento en las condiciones de seguridad e higiene en la obra.
- Atención de las condiciones medio ambientales.

En conjunto con los objetivos de calidad, la empresa deberá establecer metas cuantificables, las que a lo largo del proyecto, indicarán en qué medida se han dado cumplimiento o no a los objetivos propuestos.

Las metas deberán ser realistas y acorde a las condiciones de la empresa y al sistema de calidad utilizado por ella. Para establecer metas reales es importante realizar un análisis de los resultados obtenidos en la ejecución de otros proyectos o bien definidos por el departamento de calidad para dar cumplimiento a las políticas de la empresa.

OBJETIVO	META
Calidad	• Obtener porcentajes de no conformidades menores a resultados obtenidos en la ejecución de otros proyectos, o bien, a los definidos por el departamento de calidad de la empresa. • Dar cumplimiento a los compromisos asumidos con el mandante en reuniones de coordinación durante la ejecución de la obra.
Productividad	• Obtener mayores índices de productividad que se relacionan con el cumplimiento de los plazos y presupuestos de los proyectos.
Disminución de costos	• Disminución de los costos por fallas internas y de post venta respecto de resultados obtenidos en otros proyectos.
Seguridad en la obra	• Disminución de la tasa de siniestralidad y de la tasa de accidentabilidad que ha obtenido la empresa en la ejecución de otros proyectos.
Condiciones medio ambientales	• Disminución de los reclamos obtenidos en proyectos similares. Soluciones prontas y oportunas a reclamos presentados en el menor tiempo posible.

ESTRUCTURA DE LA ORGANIZACIÓN

Las características propias de la organización, como su tamaño, recursos humanos y medios técnicos, conjuntamente con el compromiso de su dirección expresado a través de su política y objetivos de calidad, determinarán la estrategia adoptada por la empresa que permita concretar las metas planteadas respecto a la calidad. La estructura de la empresa deberá responder a los desafíos que implica la gestión de calidad. Para ello, la estructura del sistema de calidad podrá presentar las siguientes formas:

- Departamento o comité de calidad
- Gerencia o dirección de calidad
- Director de calidad
- Responsables de la calidad en las distintas unidades de la organización

Cualquiera que sea la estructura adoptada por la empresa, es posible distinguir funciones comunes que deben ser recogidas por la administración para alcanzar las metas establecidas en los objetivos de calidad.

En primer lugar, se encuentran las medidas orientadas a gestionar la calidad en las distintas obras que ejecuta la empresa, estas medidas se aplicarán en la oficina central de la organización. Dentro de las principales están:

- Desarrollar, encargar y aprobar un sistema de calidad para la empresa, el cual será utilizado durante la ejecución de las obras.

- Controlar su implementación y aplicación en las distintas obras.

- Realizar las auditorías internas que permitan evaluar el sistema.

Por otra parte, se encuentran las medidas que buscan lograr las metas de calidad para los distintos proyectos en particular, para ello, es necesario preparar un programa de calidad que se adecúe a la realidad de cada proyecto.

Organigrama jerárquico y funcional
El manual de calidad deberá contener organigramas que permitirán comprender la estructura organizativa y el funcionamiento de la empresa. Es importante distinguir las relaciones jerárquicas, es decir, relaciones de autoridad administrativa sobre el personal; por otro lado, el organigrama de la empresa mostrará las relaciones funcionales donde las misiones particulares se encuentran bien definidas.

En general, el organigrama definirá las atribuciones globales de las diferentes unidades afectadas por la calidad, así como, más en detalle, las misiones o funciones particulares, las responsabilidades y la autoridad de las personas encargadas de dirigir, de ejecutar y de controlar los procesos que tengan incidencia sobre la calidad.

En el organigrama se deberá hacer medición a las personas en términos de su función, para facilitar la actualización del manual. Esto se logra a través de un organigrama nominativo y el que en forma separada se presenta a las autoridades debidamente identificadas, lo que facilita la comunicación y entendimiento del manual.

REVISIÓN DEL CONTRATO

Otro punto importante a considerar en la implementación de un sistema de calidad tiene que ver con la revisión del contrato antes de ser aceptado. En él deberán analizarse ciertos aspectos importantes como la concordancia y coherencia de los requerimientos técnicos en planos y especificaciones técnicas y una correcta definición de los plazos, los montos, la forma de pago y las multas, entre otros.

Además, todo tipo de diferencias entre el mandante y el contratista deberán quedar resueltas antes de la firma del contrato. Por esta razón, no deberá firmarse ningún contrato sin antes dejar claro todos los puntos en discordia y plasmados en el contrato definitivo.

Deberá quedar clara la forma de realizar cualquier tipo de modificaciones, quién será el árbitro en caso de discordia y cómo transferirlas correctamente a las funciones correspondientes dentro de la organización.

Todas las modificaciones deberán mantenerse en registros adecuados de revisiones y modificaciones de contrato. Finalmente, deberán quedar claras las responsabilidades tanto del mandante como del contratista.

Todas estas disposiciones también serán válidas para la relación contractual entre el contratista y los diversos subcontratistas de la obra.

SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD DE LA EMPRESA

El manual deberá describir las principales características del sistema de gestión de calidad empleado por la empresa para la implementación de la estrategia en este sentido desarrollada por la organización.

Los documentos en los que se sustenta el sistema de calidad tendrán distinta jerarquía, dependiendo de la funcionalidad con respecto a los objetivos de calidad planteados por la organización. Cada documento, es decir, manual de calidad, manual de procedimientos y plan de control de calidad, son elementos independientes pero complementarios entre sí.

Definiciones, terminologías y abreviaturas
Para lograr una completa comprensión y aplicación de los documentos del sistema de gestión de calidad, se deberá incluir en algún capítulo del manual, una lista de términos y definiciones comúnmente utilizados en las actividades de implementación del sistema de calidad, con la finalidad de comprender el lenguaje empleado por los integrantes de los distintos comités de la empresa.

Se deberá incluir un glosario de los principales términos utilizados en el manual y en los demás documentos, los cuales servirán de apoyo. Entre los principales términos a incluir destacan: auditoría, calidad, control de calidad, defecto o falla, gestión de calidad, manual de calidad, no–conformidad, error, plan de calidad, prevención, procedimiento y rechazos, entre otros.

Evaluación de proveedores y contratistas
Para la implementación de un adecuado sistema de calidad, será necesario establecer ciertos criterios de evaluación sobre la efectividad de los sistemas de calidad utilizados por los proveedores y subcontratistas.

Un punto importante tiene que ver con la mantención de un completo registro de cada uno de los contratos y sus respectivas modificaciones establecidas con los proveedores y subcontratistas, a fin de evitar posibles desaveniencias. En él quedarán escritas todas las soluciones a posibles diferencias entre las partes. Este registro deberá encontrarse al día y deberá ser de uso público para los involucrados en el tema.

En segundo lugar, se deberá tener en cuenta una constante retroalimentación de la gestión realizada hasta el momento, de acuerdo a experiencias adquiridas en obras anteriores, a fin de ir potenciando cada vez más la evaluación sobre los proveedores y subcontratistas.

En cuanto a la evaluación misma de estos, se deberá tener en obra un completo archivo con los documentos de compra de cada producto y de los subcontratistas utilizados, el que deberá incluir principalmente:

- Proveedor y/o subcontratista
- Producto solicitado
- Tipo, clase y modelo del producto
- Instrucciones especiales para su colocación
- Requisitos especiales para la aprobación del producto
- Forma de trabajo de los subcontratistas
- Puntualidad en la entrega de los trabajos
- Calidad de los trabajos
- Condiciones de trabajo (seguridad, salubridad, requisitos medioambientales, limpieza, etc.)
- Principales problemas presentados y soluciones propuestas durante la ejecución

Estos documentos servirán en gran medida para llevar un control de los subcontratistas, productos utilizados y su posterior funcionamiento, a fin de mantenerlos o no en la realización de nuevos proyectos en el futuro.

Auditoría interna de calidad
Para que el sistema de gestión de calidad tenga resultados, será necesario que la empresa constructora disponga de auditorías propias que permitan evaluar el sistema. Estas auditorías tienen por objetivo verificar si las actividades de calidad y los resultados cumplen con las disposiciones planificadas, además de determinar la efectividad de los sistemas de gestión de calidad dentro de una obra.

Las auditorías podrán ser realizadas por personal del departamento de calidad de la empresa o por una compañía externa que preste dichos servicios, contratada por la propia constructora, la cual deberá certificar que todos los procedimientos realizados para garantizar la calidad dentro de la construcción se están realizando de manera correcta, cumpliendo con los requisitos establecidos para el proyecto en las especificaciones técnicas, planos, manual de procedimientos y en el plan de control de calidad.

Un sistema de auditoría interna debería contar, al menos, con los siguientes puntos de inspección:

- Registro completo de datos, análisis y niveles de cumplimiento de las metas planteadas en torno a la calidad.
- Sistema de control de responsabilidades de los miembros que forman parte de cada faena.
- Sistema de control de los recursos de mano de obra, materiales y equipos utilizados.

Finalmente, es importante destacar que cada uno de los sistemas y registros de control deberá tener un sistema propio de evaluación, a través del cual queden establecidos los grados de aceptación de cada uno de los puntos tocados.

Los resultados de las auditorías deberán ser registrados y dados a conocer al personal que tiene la responsabilidad en el área auditada.

Capacitación y entrenamiento del personal
Cuando se implementa la gestión de calidad en una empresa constructora, este atributo pasa a convertirse en responsabilidad de cada miembro, por lo tanto el plan de capacitación deberá ser apuntado a cada nivel de la organización, lo que incluye tanto al personal nuevo de la empresa, como al personal existente en todos aquellos métodos de operación nuevos que han sido incorporados o modificados. Cada uno de los estamentos de la organización de la empresa deberá involucrarse completamente en este proceso, comprometiéndose fielmente con las políticas de calidad implementadas.

La empresa deberá establecer y mantener procedimientos documentados para identificar las necesidades de capacitación y entrenamiento de cada área y proporcionarlos a todo el personal que efectúa actividades que afecten a la calidad.

La capacitación deberá estar orientada a adquirir y fortalecer herramientas básicas de la gestión de calidad y no deberá limitarse sólo a aspectos técnicos y conceptos enseñados por expertos, sino que también deberá dirigirse a los aspectos de la conducta humana.

Dicho de otra manera, los elementos a los que deberá apuntar la capacitación son los análisis de causa efecto, solución de problemas en equipo, comunicación, relaciones interpersonales y medición de costos de la calidad, entre otros.

Por último, la capacitación deberá estar orientada a enseñar técnicas básicas de trabajo en equipo para lograr un ambiente de confianza, participación, integración y cumplimiento de los objetivos trazados.

MANUAL DE PROCEDIMIENTOS

INTRODUCCIÓN

El manual de procedimientos es uno de los elementos del sistema de gestión de calidad en el cual quedarán descritos los distintos métodos que serán utilizados por la empresa para la ejecución de sus proyectos, para alcanzar los estándares de calidad y dar cumplimiento a los objetivos planteados en el manual.

El manual de procedimientos corresponde a un documento de uso interno, sin embargo, es una herramienta estratégica dentro de las empresas constructoras para la adjudicación de propuestas, dando a conocer a sus clientes los métodos mediante los cuales se materializará la obra del mandante.

Los distintos procedimientos descritos en el manual deberán ser elaborados por los responsables de la ejecución de los trabajos y aquellas personas o departamentos que estén directamente relacionados con las técnicas utilizadas por la empresa para la construcción de los proyectos.

Redacción del manual de procedimientos
Al igual que en el caso del manual de calidad, la redacción del manual de procedimientos deberá ser clara y precisa, ya que dentro de sus funciones se encuentra la de instruir a los trabajadores en cuanto a la forma correcta de realizar las actividades para el logro de los estándares de calidad, dejando claramente establecido que las disposiciones son de carácter obligatorio y no sólo recomendaciones que deban ser consideradas en la ejecución de las actividades.

Estructura del manual de procedimientos
Si bien no existe una estructura predefinida para su elaboración, es importante que la empresa mantenga un formato tipo para los distintos procesos que componen el manual, de manera que facilite la identificación y comprensión de la información contenida en ellos.

Cualquiera sea la estructura adoptada por la empresa, el manual de procedimientos deberá contener los siguientes elementos:

- Objetivos
- Alcance
- Definiciones
- Responsabilidades
- Descripción del proceso
- Documentos relacionados
- Otros

Como parte de un sistema de gestión de calidad, la empresa constructora podrá utilizar el manual de procedimientos con otros fines además del cumplimiento de los estándares de calidad definidos para el proyecto, por ejemplo, permitirá controlar los índices de productividad de la obra, incorporando los rendimientos esperados de mano de obra, materiales, maquinaria y equipos para los distintos procesos pertenecientes al proyecto.

Modificaciones al manual de procedimientos

El manual de procedimientos es un documento dinámico que sufre modificaciones de un proyecto a otro y dentro de un mismo proyecto durante el transcurso de éste, por ello, es importante que el manual tenga en su primera página una tabla índice que permita identificar la versión del manual que está siendo utilizado, así como las causas de las modificaciones que éste ha sufrido.

Es importante que la empresa establezca en el manual de procedimientos la forma en que se realizarán modificaciones y quiénes son los responsables y cuentan con la autoridad administrativa para hacerlo.

OBJETIVO Y ALCANCE DEL MANUAL DE PROCEDIMIENTOS

El objetivo del manual de procedimientos es describir los distintos procesos utilizados por la empresa constructora para dar cumplimiento a los estándares de calidad definidos para el proyecto.

El alcance del manual está definido por los distintos procedimientos descritos en él para una obra en particular, con características propias que deben ser estudiadas al momento de su redacción.

RESPONSABILIDADES

El manual de procedimientos tiene, dentro de sus funciones, identificar las responsabilidades administrativas para la ejecución del proyecto y de los distintos procesos necesarios para la materialización de la obra.

Las responsabilidades descritas en el manual deben abarcar a todo el personal administrativo, así como a la mano de obra responsable directa de la ejecución de los trabajos, para lo cual será necesario construir un organigrama que permita al personal reconocer la estructura jerárquica de la obra, ya que muestra las responsabilidades de la autoridad administrativa y facilita la identificación de las funciones de cada cargo.

Las responsabilidades administrativas varían de acuerdo al organigrama jerárquico de cada obra, de este modo y de acuerdo a las características propias de cada empresa se podrá encontrar a: director de proyectos, administradores de obra, profesionales de terreno, profesionales de calidad, administrativos, inspectores, jefe de obra, supervisores, capataces, jefe de bodega y/o bodeguero, entre otros.

Dentro de los principales aspectos que deben quedar definidos con respecto a las responsabilidades en el manual se encuentran:

- Cumplimiento de los programas, requisitos y plazos del proyecto
- Coordinación con el mandante y/o inspección técnica
- Control y planificación periódica de los trabajos restantes
- Coordinación de subcontratistas
- Disposición de recursos
- Adquisición y almacenamiento de equipos y materiales
- Control del personal a cargo de ejecutar los trabajos, su productividad y el cumplimiento de los procedimientos descritos en el manual
- Inspección de los procesos y materiales
- Definir las acciones correctivas y preventivas con los correspondientes análisis de los costos relacionados a ellas
- Condiciones de seguridad e higiene al interior de la obra
- Otros

DOCUMENTOS DEL MANUAL DE PROCEDIMIENTOS

Conjuntamente con los procedimientos que componen el manual, existe una serie de documentos complementarios con los cuales se proporciona la información suficiente que permita garantizar el cumplimiento de los estándares de calidad definidos por el proyecto.

Estos son:

- Especificaciones técnicas
- Planos (arquitectura, estructuras e instalaciones)
- Libro de obra
- Libro de obra con subcontratistas
- Archivo de certificación de materiales suministrados por los fabricantes
- Archivo de ensayo de laboratorio
- Libro de comunicación de calidad

PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN

El manual de procedimientos se encuentra compuesto por los procesos de recepción y almacenamiento de materiales, obra gruesa y terminaciones.

Proceso de recepción y almacenamiento de materiales

Se deben especificar los procedimientos que se deben cumplir en la recepción y almacenamiento para cada uno de los materiales, como por ejemplo:

- Aridos
- Cemento
- Hormigón premezclado
- Fierros de refuerzo
- Bloques de hormigón
- Madera aserrada
- Madera cepillada
- Placas contrachapadas
- Prefabricados de hormigón
- Cerámicos
- Artefactos sanitarios
- Tejuela asfáltica

Proceso de obra gruesa

Para cada una de las partidas que conforman la obra gruesa, el documento manual de procedimientos debe especificar como mínimo: objetivos y alcances, normas aplicables, descripción de la partida y procedimiento de ejecución, por ejemplo de las partidas de obra gruesa siguiente :

- **Partidas de la obra gruesa**
  - Trazados y niveles
  - Excavación de fundaciones
  - Hormigón de fundaciones
  - Moldajes
  - Fierros de refuerzo
  - Rellenos
  - Plataforma de hormigón
  - Entramados verticales
  - Entramados horizontales
  - Instalaciones
  - Estructura de techumbre
  - Instalación de puertas y ventanas
  - Impermeabilizaciones
  - Aislación térmica
  - Cubierta de techumbre

Proceso de obra terminación

Para cada una de las partidas que conforman las obras de terminación, el documento manual de procedimientos debe especificar como mínimo: objetivos y alcances, normas aplicables, descripción de la partida y procedimiento de ejecución, por ejemplo de las partidas de terminación siguiente :

- **Partidas de terminación**
  - Aleros y tapacanes
  - Revestimientos de muros
  - Revestimiento de pavimentos
  - Instalación de artefactos sanitarios
  - Instalación de molduras
  - Pinturas y barnices

PLAN DE CONTROL DE CALIDAD

INTRODUCCIÓN

El presente documento tiene por objetivo establecer un plan genérico de Control de Calidad para la construcción de viviendas. En él se establece un ordenamiento de lo que se debe controlar para asegurar claridad sobre la obra a ejecutar acorde al proyecto.

ALCANCE Y OBJETIVO

El presente está elaborado con la finalidad de establecer un método de control para las partidas de obra gruesa y terminaciones de una vivienda, de manera de cumplir con los requisitos de calidad estipulados por la empresa.

El alcance del plan estará definido por los requisitos de cada proyecto en particular que se deban controlar, debido a esto se deberá desarrollar un plan de control que se adecúe a las condiciones de cada proyecto.

RESPONSABILIDADES

La empresa deberá asignar las distintas responsabilidades según sea su estructura y la administración de los proyectos, las que en su conjunto deben abordar todos los aspectos considerados en el manual de procedimientos y en el propio plan de control.

En primer lugar se tiene al administrador o encargado de la obra, el cual será el responsable absoluto de la revisión, aprobación e implementación del plan en todas las actividades que vayan a ser atendidas en él.

De acuerdo a la estructura de la empresa, puede existir un departamento de calidad, el cual será el encargado de manejar toda la documentación necesaria para lograr la calidad en la construcción de una vivienda. Este departamento debe coordinar los documentos que se generen en las distintas etapas de la faena, de manera de mantener un adecuado archivo con todo el historial existente relacionado con los controles de calidad.

El jefe de obra, junto a los capataces, serán los responsables de aplicar en terreno las disposiciones señaladas en el plan de control de calidad, cumpliendo todos los procedimientos especificados en conformidad con los planos y especificaciones técnicas del proyecto.

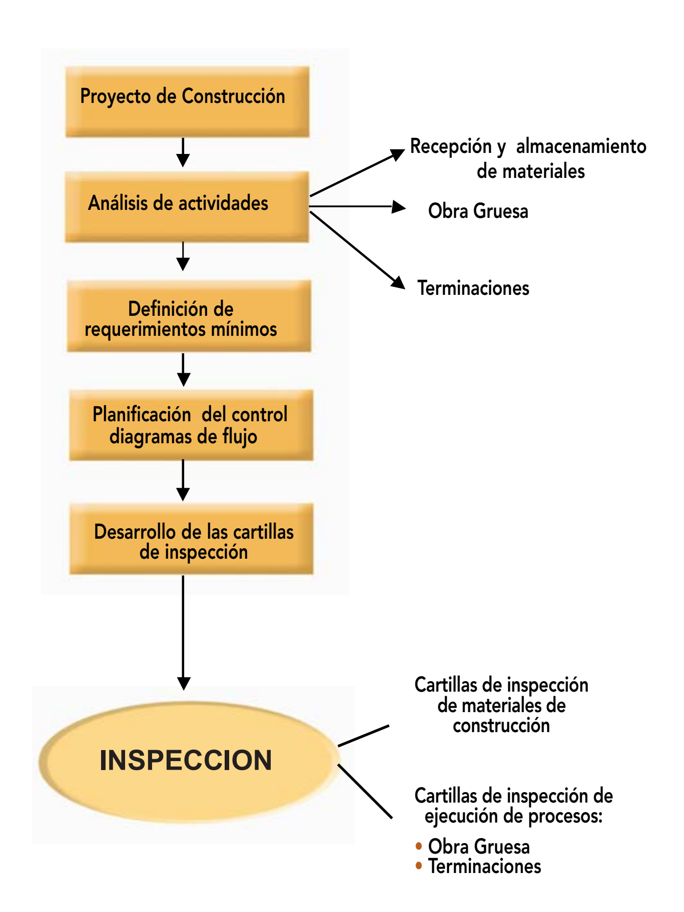
DOCUMENTOS DEL PLAN DE CONTROL

El plan de control se compone de dos documentos muy importantes que son fundamentales para lograr el desarrollo del control de calidad en la construcción de una vivienda:

En primer lugar están los diagramas de inspección, en los cuales quedan determinadas las secuencias de inspección y los pasos a seguir para cada una de las faenas a controlar incluidas en el plan. En él quedan definidas las cartillas que se deben utilizar en el control de una partida en particular.

En segundo lugar se encuentran las cartillas de inspección, las cuales recogen todas las etapas de control de una determinada partida, desde la recepción de los materiales hasta la recepción misma de la partida.

METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE LAS CARTILLAS DE INSPECCIÓN



PROCEDIMIENTO DE CONTROL

El control se realizará a través de dos áreas complementarias entre sí y que se relacionan directamente con los procedimientos utilizados por la empresa y descritos en el manual de procedimientos.

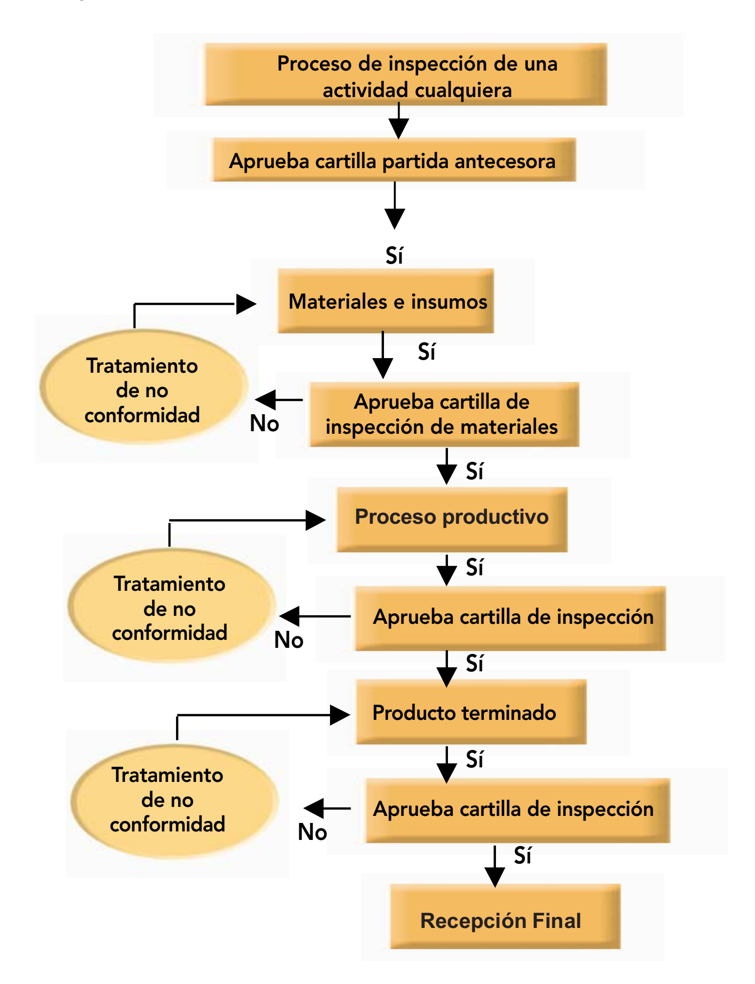
En primer lugar se realizará un control sobre los materiales, en el cual se incluye la recepción de los materiales y su posterior almacenamiento. Los materiales utilizados deberán cumplir con las especificaciones de cada proyecto y contar con un estado de conservación óptimo.

En segundo lugar se realizará un control sobre la ejecución de cada partida, el cual se efectuará a través de cartillas de inspección de cada partida que incluyen, desde la recepción de la partida antecesora, hasta la recepción de la partida en cuestión.

La inspección se efectuará en primera instancia por los capataces, pasando por el jefe de obra y los controles de calidad, a través de un "check list" en que se marca con un visto bueno (V°B°) la opción inspeccionada. Si cumple con los requisitos será calificada con una A (aprobado) o con una R (rechazado), el o los puntos de cada partida que no cumplen con los requisitos especificados en el proyecto, los cuales deberán ser corregidos a través de un tratamiento de no –conformidad para poder ser aprobada la partida, de otra manera será rechazada y no podrá continuarse con las siguientes partidas.

Cuando un punto de inspección de una cartilla sea calificado con una "R", la persona responsable de la inspección deberá dejar constancia en el espacio destinado a observaciones en la misma cartilla del motivo por el cual se produjo la disconformidad de la inspección, lo que permitirá llevar un control del cumplimiento de las acciones y medidas para dar solución a las no conformidades detectadas.

Análisis del proceso de inspección de una actividad cualquiera



Tratamiento de no conformidades

Las no conformidades son uno de los temas importantes a tratar dentro de un plan de control, ya que a través de ellas se pueden detectar falencias a tiempo y disponer su mejoramiento o restitución. Estas se tratarán a través de cartillas especialmente diseñadas, en las que se identificarán claramente las fallas detectadas y previas a una evaluación se determinarán las acciones a seguir para suplir la no conformidad. Todo este proceso deberá quedar documentado en un registro, el cual contendrá los tratamientos a seguir para superar la falla o definitivamente el rechazo total o parcial de la partida cuando sea necesario.

Las medidas adoptadas para revertir la no conformidad detectada por la inspección se denominarán acciones correctivas, las cuales deberán ser documentadas, indicando expresamente el tratamiento a seguir para poder cumplir con la aprobación de la partida. Además, se deberá investigar el origen de la deficiencia, a fin de evitar que vuelva a suceder.

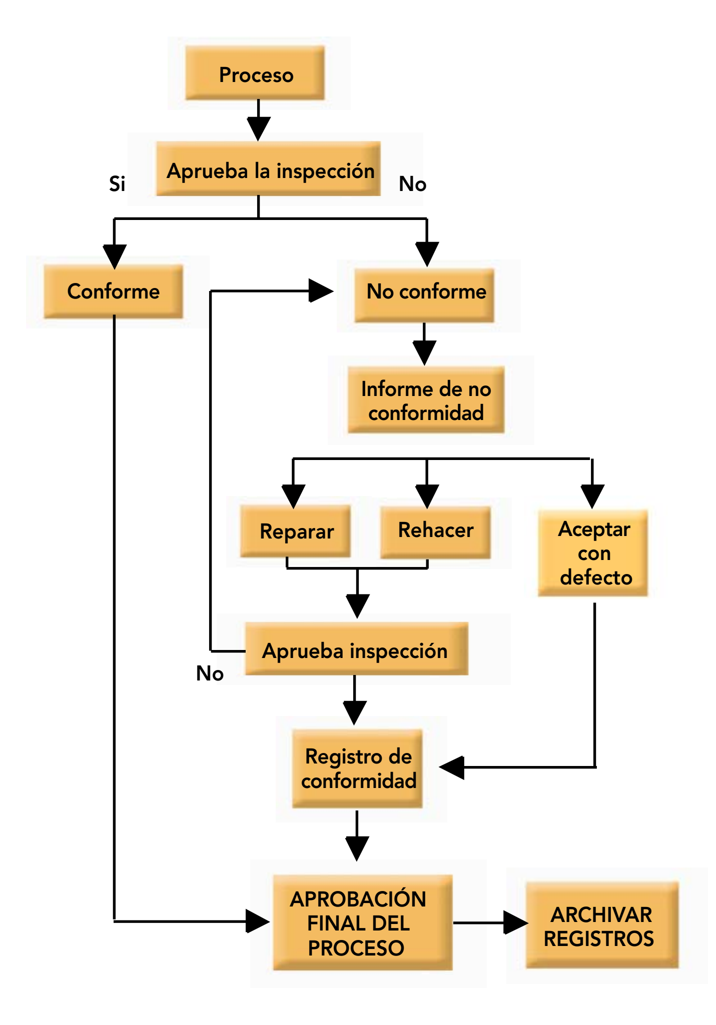
Una vez identificadas las no conformidades se podrán clasificar en tres grupos, de acuerdo al grado de su deficiencia:

- **Rechazar y rehacer el trabajo nuevamente:** Se trata de las medidas para eliminar los elementos que no cumplan con los requisitos especificados y que por ello deben ser ejecutados nuevamente.

- **Reparar o aceptar con reparación:** Se trata de los procedimientos para restituir la aptitud al uso del elemento deficiente a una condición tal que su capacidad de funcionar en forma confiable y segura no se vea reducida.

- **Aceptar el elemento con la deficiencia:** Esta condición es para autorizar la partida en el estado en que se encuentra. Cuando la deficiencia no provoca una condición adversa y cumple los requisitos funcionales y de seguridad.

Tratamiento de no conformidad



Acción Correctiva

Las acciones correctivas son aquellas adoptadas para enfrentar las no conformidades, éstas deberán ser propuestas por las personas con la autoridad correspondiente y deberán ir acompañadas de los denominados diagramas de puntos de inspección para posteriormente controlar su aprobación.

Cualquiera sea la condición en que se provoque una no conformidad, ésta deberá ser evaluada por la administración de la obra y los responsables de calidad de la empresa. Las medidas adoptadas (correctivas y preventivas) deberán ser consultadas con los proyectistas, un profesional experto en el tema y con la ITO (Inspección Técnica de Obra) antes de ser ejecutadas.

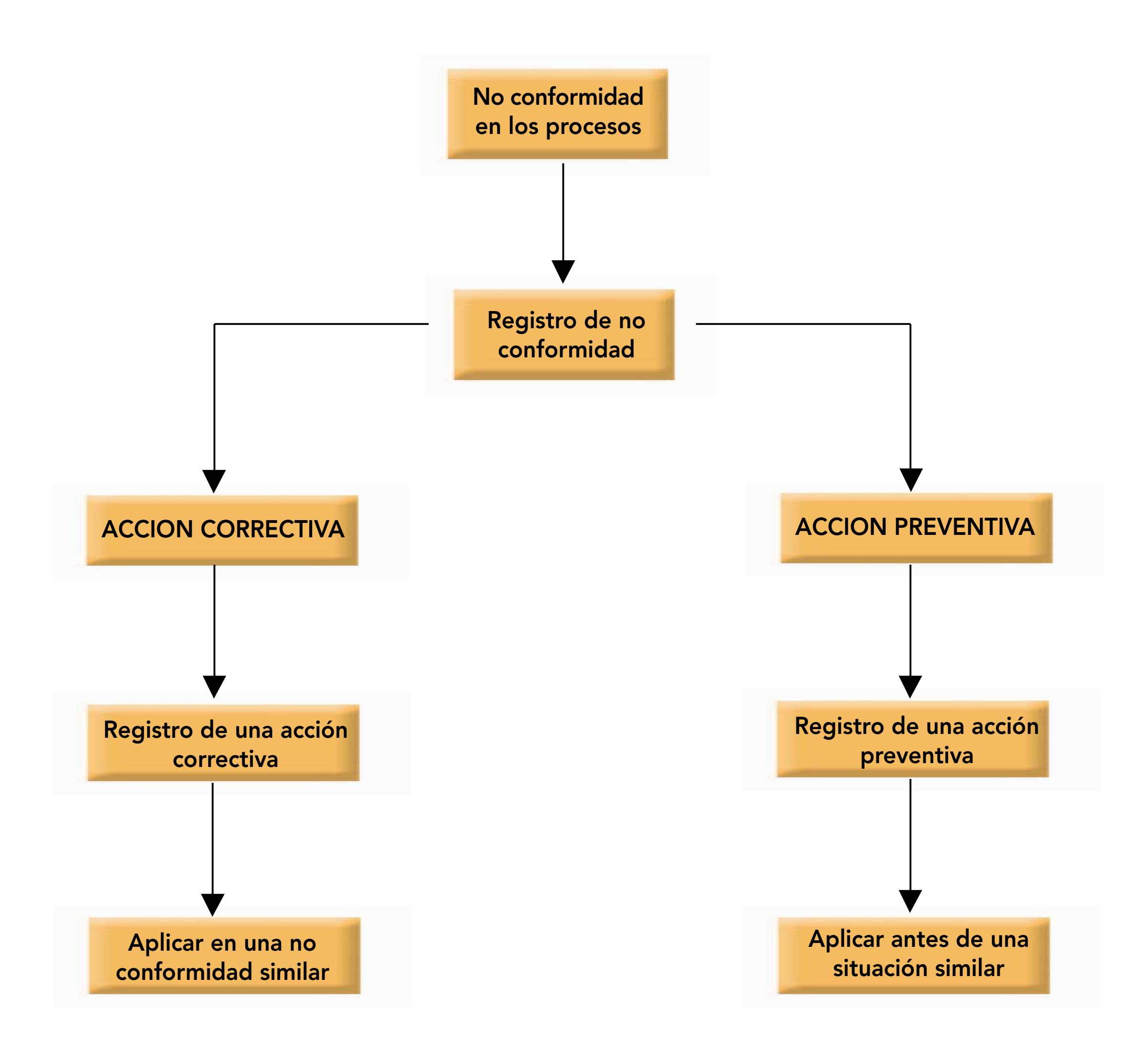
Luego de realizar la reinspección de la medida, la administración de la obra deberá firmar y fechar el informe de deficiencia como cerrado, para posteriormente archivarlo en la carpeta de no conformidades.

Si la partida se encuentra rechazada luego de la reinspección, la administración de la obra deberá documentar los resultados de la reinspección, firmar, fechar y reprocesar el informe de deficiencia hasta que se logre el cumplimiento de los requisitos.

Acción Preventiva

En caso de ocurrencias repetitivas de las no conformidades, la administración de la obra analizará la causa de las tendencias que estén provocando la repetición de dichas deficiencias en distintos niveles, indicando las medidas necesarias para evitar su recurrencia.

PROCESO DE UNA ACCIÓN CORRECTIVA Y UNA ACCIÓN PREVENTIVA EN UNA NO CONFORMIDAD



Documento :	REGISTRO DE NO CONFORMIDAD	Rev.: 001
Proyecto:		Fecha de edición: 11-03-2004

Casa N°1		Lote N°1		Partida	

Ubicación (ejes – cotas)	

Descripción de la No Conformidad .

Prioridad de la actividad (marque con una X)

Mayor ☐
Menor ☐

Evaluado por: Fecha:

Causa de la No Conformidad

Evaluado por: Fecha:

Medidas correctivas

Evaluado por: Fecha:

Verificación de la acción correctiva

Evaluado por: Fecha:

Documento :	PLAN DE CONTROL DE CALIDAD	Rev.: 001
Proyecto:		Fecha de edición: 11-03-2004

DIAGRAMAS Y REGISTROS DE CONTROL

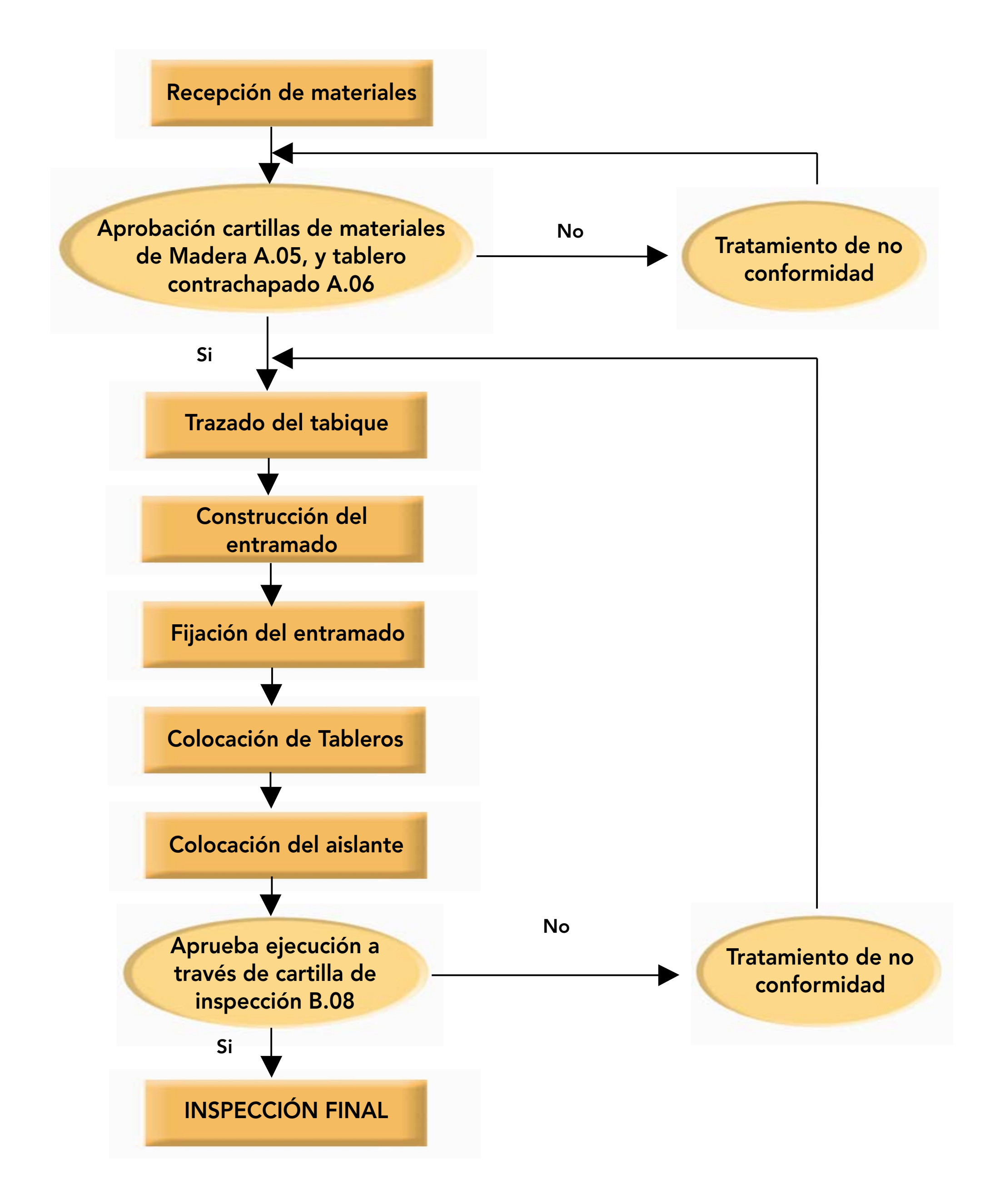
El presente Plan de Control de Calidad se agrupa en tres áreas:

- Recepción y almacenamiento de materiales
- Obra gruesa
- Terminaciones

Las partidas contenidas en cada grupo de actividades se relacionan con registros de control de la siguiente manera:

1.0	RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE MATERIALES	Cartilla
1.1	Áridos y cemento	A.01
1.2	Fierros	A.02
1.3	Bloques de hormigón	A.03
1.4	Madera aserrada	A.04
1.5	Madera cepillada	A.05
1.6	Tablero contrachapado	A.06
1.7	Placas de yeso	A.07
2.0	OBRA GRUESA	
2.1	Trazados y niveles	B.01
2.2	Excavaciones	B.02
2.3	Rellenos	B.03
2.4	Enfierraduras	B.04
2.5	Moldaje de cimiento	B.05
2.6	Hormigones	-
2.6.1	Hormigones fabricados en obra	B.06
2.6.2	Hormigones premezclados	B.07
2.7	Entramado vertical	-
2.7.1	Tabique perimetral	B.08
2.7.2	Tabique soportante interior	B.09
2.7.3	Tabique autosoportante interior	B.010
2.8	Entramado horizontal (entrepiso)	B.011
2.9	Entramado de techumbre	B.012
3.0	TERMINACIONES	
3.1	Aleros y tapacán	C.01
3.2	Revestimiento	C.O2
3.2.1	Revestimiento exterior	-
3.2.2	Revestimiento interior	C.03
3.2.3	Revestimiento pavimento	C.04
3.3	Puertas y ventanas	C.05
3.4	Pinturas y barnices	C.06

PROGRAMA DE PUNTOS DE INSPECCIÓN:
TABIQUE PERIMETRAL



Documento :	CARTILLA DE INSPECCION	Cartilla N° B.08
Proyecto:		Fecha de edición: 11-03-2004

Casa N°		Lote N°		Fecha de inspección:	de 2004

N°	PARTIDA: TABIQUE PERIMETRAL	V°B°
RECEPCIÓN:		
1.	Verificar cartillas de recepción de piezas de madera	
2.	Verificar correcta ubicación de espárragos	
3.	Verificar trazado de solera base y pie derecho	
4.	Verificar trazados de puertas y ventanas	
5.	Verificar impregnación de solera inferior	
EJECUCIÓN:		
6.	Verificar fijación de la solera inferior a los espárragos	
7.	Verificar distancia y modulación entre pie derecho	
8.	Verificar colocación transversal cortafuego entre pie derecho	
9.	Verificar colocación de cadenetas de refuerzo para fijación de artefactos	
10.	Verificar colocación de cadenetas de refuerzo para fijación de muebles	
11.	Verificar colocación de refuerzos en dinteles y alfeizar de ventanas	
12.	Verificar colocación de refuerzos en dinteles de puertas	
13.	Verificar colocación de pie derecho de refuerzo en vanos de ventanas	
14.	Verificar colocación de pie derecho de refuerzo en vanos de puertas	
15.	Verificar alineación y plomada de los tabiques	
16.	Verificar pernos de anclaje en encuentros estructurales	
17.	Verificar colocación de solera de amarre superior	
18.	Verificar cantidad y distribución de fijaciones (clacos o tornillos)	
19.	Verificar colocación de tablero contrachapado arriostrante perimetral	
ENTREGA:		
20.	Verificar terminación visual exterior de tableros contrachapados	
21.	Verificar plomos y escuadras en encuentros de tabiques	

OBSERVACIONES

1. Capataz	2. Jefe de Obra	3. Administrados de Obra	4. Profesional

Anexo V

Centro de Transferencia Tecnológica

ANEXO V

CALCULO DE ESTRUCTURAS MEDIANTE TABLAS *



1.0 GENERALIDADES:

En este anexo se entrega un conjunto de tablas que permiten definir con cierta flexibilidad y en forma sencilla, estructuraciones de entramados de pisos, paredes exteriores, dinteles y entramados típicos de techos de viviendas de uno y dos pisos.

Las tablas, cuya aplicación se supedita a determinadas separaciones máximas entre paredes, altura máxima de entrepisos e inclinaciones de techo, permiten definir dimensiones y características para los distintos tipos de componentes estructurales de una vivienda, que cumplan a cabalidad con la normativa, permitiendo prescindir de un cálculo estructural, de modo que pueda ser aprobada por las diferentes direcciones de obras municipales al momento de tramitarse el permiso de edificación.

Los cálculos consideran las indicaciones de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) y normas vigentes como la NCh 1198 – Madera - Cálculo estructural y otras normas complementarias.

2.0 CÓMO USAR LAS TABLAS

Verificar que las condiciones de borde descritas a continuación corresponden a la situación de la vivienda o componente a dimensionar.

Determinar las dimensiones requeridas para las piezas de la estructura de piso y entrepiso, siguiendo las instrucciones descritas en el punto 3.1 Estructura de pisos.

Determinar las dimensiones requeridas para las piezas de las estructuras de los muros de primer y segundo piso de la vivienda, conforme se indica en el punto 3.2 Estructura de paredes.

- Paredes exteriores e interiores
- Dinteles

Determinar las dimensiones requeridas para las piezas de la estructura de techo, consistente de tijerales o cerchas, según se describe en el punto 3.3 Estructuras de techos.

- Techos de tijerales
- Techos de cerchas

3.0 CONDICIONES DE BORDE PARA EL USO DE LAS TABLAS DE CÁLCULO ESTRUCTURAL

Las características de las viviendas consideradas en este manual son las típicas de proyectos de viviendas unifamiliares de uno y dos pisos, válidos para la normativa, supuestos de cálculo y tensiones admisibles asociadas que se detallan a continuación. Cualquier situación que exceda las condiciones de uso o condiciones de borde deberá ser tratada según las indicaciones de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones o sometida al cálculo de un ingeniero estructural.

Condiciones necesarias para la aplicación de este manual:

- **Construcción:**
  - Separación máxima de paredes, d1 de 2,8 a 4,8 m (Figura V-1).
  - Altura máxima de pie derecho de paredes 2,44 m. Modulación de paredes o separación de pie derecho de 41,5 y 60 cm al eje.
  - Modulación de envigados de piso o separación de vigas de 31,4 y 61 cm al eje.

- **Materiales:**
  - Madera aserrada estructural de Pino radiata, grados mecánicos C16 y C24
  - Terciado estructural de Pino radiata encolado con adhesivo fenólico.
  - Terciado machihembrado.
  - Herrajes y fijaciones según se indique.

** Ingeniería y construcción de Madera, Centromaderas, Arauco, Santiago de Chile, 2002*

- **Peso propio de los elementos (pp):**

Piso tradicional	0,60 kN/m^2 (60 kgf/m^2)	Tablero terciado sobre envigado de piso.
Piso acústico	1,50 kN/m^2 (150 kgf/m^2)	Considera una loseta de hormigón de 4 cm de espesor sobre el tablero de piso.
Paredes	0,50 kN/m^2 (50 kgf/m^2)	Entramado de madera y revestimiento por ambas caras.
Techo	0,60 kN/m^2 (60 kgf/m^2)	Expresado en el plano de la superficie del techo,incluye cubierta (s.d.t).

- **Sobrecargas (sc):**

Piso	1,50 kN/m^2 (150 kgf/m^2)	Según Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC).
Techo, pendiente 10%	0,77 kN/m^2 (77 kgf/m^2)	Según NCh1507 expresado en el plano de la proyección horizontal del techo (s.p.h).
Techo, pendiente 25%	0,42 kN/m^2 (42 kgf/m^2)	Según NCh1507 expresado en el plano de la proyección horizontal del techo (s.p.h).
Techo, pendiente 40%	0,30 kN/m^2 (30 kgf/m^2)	Según NCh1507 expresado en el plano de la proyección horizontal del techo (s.p.h).
Viento zona urbana (presión básica)	0,59 kPa	Solicitaciones de viento según NCh 432, modificadas por los coeficientes aerodinámicos de la norma DIN 1055 Parte 4.
Viento zona rural (presión básica)	0,70 kPa	Solicitaciones de viento según NCh 432, modificadas por los coeficientes aerodinámicos de la norma DIN 1055 Parte 4.

3.1 Estructura de pisos
En la Tabla 1A se indican las distancias máximas que se pueden cubrir con envigados de piso estructurados con piezas de Pino radiata estructural, en función de la escuadría, del grado mecánico, de la modulación (separación entre ejes de las vigas dispuestas regularmente) y del peso propio del sistema de piso.

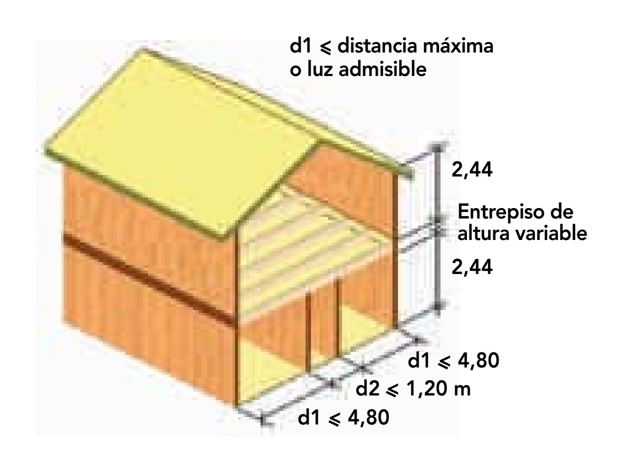


Figura V- 1: Distancias máximas a cubrir con envigado de piso.

TABLA 1A DISTANCIA MÁXIMA (S ad) ENTRE CENTROS DE APOYO PARA VIGAS DE PISO DE PINO RADIATA CON GRADO ESTRUCTURAL. VALORES EN m										
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10
			Peso Propio sistema de piso							
			Sistema acústico: pp = 1,50 kN/m^2				Sistema tradicional: pp = 0,60 kN/m^2			
DENOMINACIÓN	ESCUADRÍA mm	GRADO	SEPARACIÓN VIGAS (m)				SEPARACIÓN VIGAS (m)			
			0,31	0,41	0,51	0,61	0,31	0,41	0,51	0,61
			Separación máxima (S ad), en m				Separación máxima (S ad), en m			
2 x 8	41 x 185	C16	3,63	3,30	2,96	2,70	4,08	3,72	3,46	3,23
		C24	4,01	3,65	3,39	3,20	4,43	4,11	3,82	3,60
2 x 6	41 x 138	C16	2,70	2,46	2,20	2,02	3,05	2,77	2,58	2,41
		C24	2,99	2,72	2,53	2,38	3,37	3,07	2,85	2,69

Piso tradicional : pp + sc: 2,1 kN/m2 (pp = 0,60 kN/m^2 sc = 1,5 kN/m^2)
Piso acústico : pp + sc: 3,0 kN/m2 (pp = 1,50 kN/m^2 sc = 1,5 kN/m^2)
Deformación máxima : 1/300 de la luz por acción combinada de pp + sc
Deformación máxima : 1/360 por acción de sc (≤ 14 mm).

- **Consideraciones:**

  - **Solución de piso tradicional:** Tablero contrachapado estructural o entablado de piso sobre envigado que condiciona un peso propio no superior a 0,6 kN/m^2.

  - **Solución de piso acústico:** Tablero contrachapado estructural y una sobrelosa de hormigón de 40 mm de espesor que condiciona una carga de peso propio hasta de 1,5 kN/m^2.

  - Sobrecarga de servicio de 1,5 kN/m^2.

  - Deformación de 1/300 de la luz para la acción simultánea de las cargas de peso propio y las sobrecargas de servicio. Se ha agregado la restricción de la norma BS 5268, parte 2, que limita la deformación absoluta del sistema de piso a 14 mm.

  - Deformación de 1/360 de la luz para la acción exclusiva de la sobrecarga de servicio para vigas de hasta 4,50 m de luz y 1/480 de la luz para vigas de largos mayores.

Las escuadrías de Pino radiata estructural se indican en la columna 1 de la Tabla 1A. En la columna 2, los grados mecánicos. Entre las columnas 3 y 6 se indican, para cuatro espaciamientos típicos entre vigas, las distancias máximas expresadas en metros que se pueden cubrir con un sistema de piso acústico, y entre las columnas 7 y 10 se indican, para los mismos cuatro espaciamientos, las distancias máximas que se pueden cubrir con un sistema de piso tradicional.

Como cota superior se ha impuesto la distancia 4,80 m, que corresponde a la máxima longitud de Pino radiata con grado mecánico. Para luces mayores a la indicada, como alternativa pueden utilizarse vigas de madera laminada encolada.

Ejemplo de aplicación:
Se debe estructurar un sistema de piso con atenuación acústica que debe cubrir una distancia entre ejes de paredes de 3,20 m.

Solución:
Por tratarse de pisos con atenuación acústica, la solución al problema debe buscarse entre las columnas 3 a 6. Se debe identificar combinaciones de grado estructural y separación entre vigas para las distintas escuadrías, que

determinen un valor superior a 3,20 m. De las combinaciones identificadas, la más conveniente debiera ser aquella que utiliza el menor grado estructural con la mayor separación entre vigas. Las soluciones factibles son:

- C16 con separación entre vigas de 0,41 m:
  L máx. = 3,30 m > 3,20 m.

- C24 con separación entre vigas de 0,61 m:
  L máx. = 3,20 m = 3,20 m

3.2 Estructura de paredes

El propósito es dimensionar la estructura de paredes y sus componentes del primer y segundo piso de una vivienda, sometidos a solicitaciones de carga vertical, presiones de viento y carga horizontal.

3.2.1 Carga de diseño de paredes de alturas 2,44 m, 2,92 m; 3,6 m y 4,22 m

Los tablas siguientes permiten establecer las cargas de diseño de las paredes según escuadría y espaciamiento de pie derecho de Pino radiata estructural. Asimismo, dada una solicitación particular, se puede establecer cuál es la combinación más económica de escuadría, grado y espaciamiento que satisface ese requerimiento.

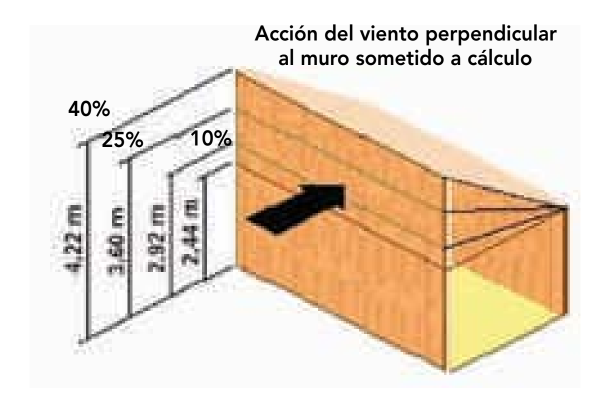


Figura V - 2 : Pendientes de techo consideradas.

- **Consideraciones:**

  - Carga del sistema techo y acción del viento. Factores de modificación para duración de carga de KD = 1,25 y trabajo conjunto de KC = 1,00 para áreas protegidas del viento y de duración de carga KD = 1,33 y trabajo conjunto KC = 1,15 (en flexión), para áreas con viento urbano y rural.

  - Presiones de viento según NCh 432.

  - Factor aerodinámico de +0,8 para presión exterior y – 0,2 para subpresión interior.

Las alturas de pie derecho incorporadas en las tablas corresponden, en techos a un agua sin aleros, a la altura de pared que condiciona cada una de las tres pendientes de techo consideradas (10%, 25% y 40%) para las separaciones entre paredes cubiertas con el máximo largo comercial de pieza (4,80 m), cuando la pared del alero inferior tiene una altura de 2,44 m.

Las cargas admisibles se indican en kN por metro lineal de pared (kN/m).

Las tablas constan de ocho columnas. En las columnas 1 y 2 se indican las designaciones comerciales y las dimensiones efectivas de las piezas, respectivamente. En las columnas 3 a 5 y 6 a 8 se indican las cargas de diseño, expresadas en kN/m para estructuraciones con espaciamiento entre pie derecho de 0,41 m – 0,51 m y 0,61 m, en función de las escuadrías y de los grados mecánicos C16 y C24.

Las tablas se han dividido en tres bloques, con el propósito de diferenciar entre paredes no expuestas al viento y paredes construidas en áreas expuestas al viento, tanto en zonas urbanas como zonas rurales.

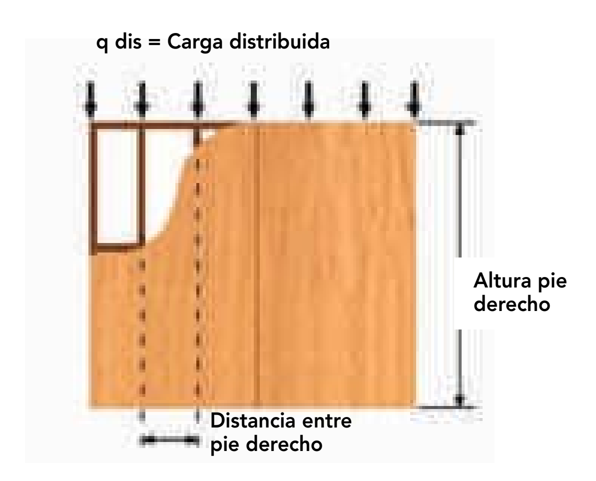


Figura V- 3: Tabique estructural no expuesto al viento.

TABLA 2A
CARGA DE DISEÑO (q dis) PARA PAREDES CON PIE DERECHO DE 2,44 m DE ALTURA. VALORES EN kN/m

1	2	3	4	5	6	7	8
DENOMINACIÓN		Grado C16			Grado C24		
		Distancia entre ejes (m)			Distancia entre ejes (m)		
	Escuadría	0,41	0,51	0,61	0,41	0,51	0,61
	Espesor x Ancho	Carga de diseño (q dis)			Carga de diseño (q dis)		
	mm mm	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
Paredes no expuestas al viento							
2 x 3	41 x 65	10,28	8,26	6,91	13,59	10,92	9,13
2 x 4	41 x 90	24,47	19,67	16,45	31,91	25,65	21,45
2 x 5	41 x 115	44,53	35,80	29,93	57,03	45,85	38,33
Paredes expuestas a viento urbano							
2 x 3	41 x 65	2,42	0,59	0,00	6,09	3,53	1,85
2 x 4	41 x 90	13,40	8,85	5,87	21,67	15,52	11,44
2 x 5	41 x 115	30,29	21,87	16,32	44,55	33,38	25,96
Paredes expuestas a viento rural							
2 x 3	41 x 65	1,12	0,00	0,00	4,78	2,27	0,63
2 x 4	41 x 90	11,56	7,11	4,21	19,85	13,77	9,75
2 x 5	41 x 115	27,91	19,63	14,20	42,23	31,16	23,83

TABLA 2B
CARGA DE DISEÑO (q dis) PARA PAREDES CON PIE DERECHO DE 2,92 m DE ALTURA. VALORES EN kN/m

1	2	3	4	5	6	7	8
DENOMINACIÓN		Grado C16			Grado C24		
		Distancia entre ejes (m)			Distancia entre ejes (m)		
	Escuadría	0,41	0,51	0,61	0,41	0,51	0,61
	Espesor x Ancho	Carga de diseño (q dis)			Carga de diseño (q dis)		
	mm mm	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
Paredes no expuestas al viento							
2 x 3	41 x 65	7,46	6,00	5,01	9,90	7,96	6,65
2 x 4	41 x 90	18,29	14,70	12,29	24,05	19,33	16,16
2 x 5	41 x 115	34,57	27,79	23,24	44,90	36,09	30,18
2 x 6	41 x 138	53,63	43,12	36,05	68,67	55,20	46,15
Paredes expuestas a viento urbano							
2 x 3	41 x 65	0,00	0,00	0,00	2,33	0,51	0,00
2 x 4	41 x 90	7,16	3,84	1,67	13,53	8,96	5,94
2 x 5	41 x 115	20,06	13,62	9,40	31,59	22,91	17,16
2 x 6	41 x 138	36,12	26,01	19,36	53,29	39,86	30,95
Paredes expuestas a viento rural							
2 x 3	41 x 65	0,00	0,00	0,00	1,02	0,00	0,00
2 x 4	41 x 90	5,32	2,09	0,00	11,69	7,19	4,24
2 x 5	41 x 115	17,66	11,36	7,26	29,22	20,64	14,98
2 x 6	41 x 138	33,22	23,29	116,79	50,44	37,16	28,36

TABLA 2C
CARGA DE DISEÑO (q dis) PARA PAREDES CON PIE DERECHO DE 3,60 m DE ALTURA. VALORES EN kN/m

1	2	3	4	5	6	7	8
DENOMINACIÓN	Escuadría Espesor x Ancho	Grado C16			Grado C24		
		Distancia entre ejes (m)			Distancia entre ejes (m)		
		0,41	0,51	0,61	0,41	0,51	0,61
		Carga de diseño (q dis)			Carga de diseño (q dis)		
	mm mm	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
Paredes no expuestas al viento							
2 x 3	41 x 65	5,07	4,08	3,41	6,76	5,43	4,54
2 x 4	41 x 90	12,72	10,23	8,55	16,84	13,54	11,32
2 x 5	41 x 115	24,80	19,94	16,77	32,57	26,19	21,89
2 x 6	41 x 138	39,82	32,01	26,77	51,81	41,65	34,82
Paredes expuestas a viento urbano							
2 x 4	41 x 90	1,60	0,00	0,00	6,16	3,03	0,97
2 x 5	41 x 115	10,21	5,71	2,78	18,79	12,60	8,52
2 x 6	41 x 138	22,00	14,64	9,82	35,35	25,38	18,78
Paredes expuestas a viento rural							
2 x 4	41 x 90	0,00	0,00	0,00	4,32	1,25	0,74
2 x 5	41 x 115	7,82	3,44	0,62	1,40	10,30	6,30
2 x 6	41 x 138	19,08	11,98	7,21	32,45	22,61	16,12

TABLA 2D
CARGA DE DISEÑO (q dis) PARA PAREDES CON PIE DERECHO DE 4,22 m DE ALTURA. VALORES EN kN/m

1	2	3	4	5	6	7	8
DENOMINACIÓN	Escuadría Espesor x Ancho	Grado C16			Grado C24		
		Distancia entre ejes (m)			Distancia entre ejes (m)		
		0,41	0,51	0,61	0,41	0,51	0,61
		Carga de diseño (q dis)			Carga de diseño (q dis)		
	mm mm	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m	kN/m
Paredes no expuestas al viento							
2 x 3	41 x 65	3,76	3,02	2,53	5,02	4,04	3,38
2 x 4	41 x 90	9,55	7,68	6,42	12,69	10,20	8,53
2 x 5	41 x 115	18,92	15,21	12,72	24,99	20,09	16,80
2 x 6	41 x 138	30,94	24,87	20,80	40,59	32,63	27,28
Paredes expuestas a viento urbano							
2 x 4	41 x 90	0,00	0,00	0,00	1,94	0,00	0,00
2 x 5	41 x 115	4,34	0,99	0,00	11,04	6,36	3,29
2 x 6	41 x 138	13,08	7,47	3,82	23,73	16,02	10,94
Paredes expuestas a viento rural							
2 x 4	41 x 90	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00
2 x 5	41 x 115	1,95	0,00	0,00	8,64	4,05	1,07
2 x 6	41 x 138	10,17	4,71	1,20	20,81	13,23	8,25

Ejemplos de aplicación:

1. - Se debe estimar la capacidad de carga de un tabique estructural no expuesto al viento y que recibe cargas de techo, constituido por pie derecho espaciados cada 41 cm, grado mecánico C24, de largo 2,44 m y escuadría 41 x 90 mm.

Solución:
Del segundo bloque de la tabla 2a y columna 6, por tratarse de piezas de grado mecánico C24, espaciadas cada 41 cm, para la escuadría 41 x 90 cm y largo de pie derecho 2,44 m se obtiene q dis = 31,91 kN/m.

2. - Se debe especificar una tabiquería de pared interior (no expuesta al viento), con pie derecho de largo 2,44 m, que resista al menos 20 kN/m.

Solución:
Por inspección en el primer bloque de Tabla 2a se identifica para pie derecho de largo 2,44 m en las columnas 3 a 5 y 6 a 8, para cada combinación de grado mecánico y escuadría, el máximo espaciamiento que permite una capacidad de carga igual o superior a 20 kN/m.

Se selecciona hasta establecer la menor escuadría que permite resistir la carga con el máximo espaciamiento considerado, esto es 61 cm.

Para el grado mecánico C16:

41 x 90 mm cada 0,41 m : q dis = 24,47 kN/m
41 x 115 mm cada 0,61 m : q dis = 29,93 kN/m

Para el grado mecánico C24:

41 x 90 mm cada 0,61 m: q dis = 21,45 kN/m

3.2.2 Separación máxima entre ejes de paredes

3.2.2.1 Separación máxima entre ejes de paredes exteriores en viviendas de 1 piso o de segundo nivel en viviendas de 2 pisos.

Corresponde a paredes que soportan sistemas de techo de cerchas con aleros de 60 cm, sin apoyos intermedios.

- **Consideraciones:**
  - Peso propio del sistema de techo (pp = 0,60 kN/m2)
  - Sobrecarga de servicio (sc) de la norma NCh 1537, que varía según la pendiente del techo:
    i = 10% (sc = 0,77 kN/m2 s.p.h.);
    i = 25% (sc = 0,42 kN/m2 s.p.h.);
    i = 40% (sc = 0,30 kN/m2 s.p.h.).
  - Peso propio de la mitad superior de la pared, estimado en 0,50 kN/m.
  - Presión básica de viento definida en NCh 432, que en áreas urbanas es 0,59 kPa y en áreas rurales 0,70 kPa.

La validez de los resultados se limita a una separación máxima de 12,00 m. Cuando la separación máxima admisible entre paredes excede los 12,00 m el resultado tiende a perder significado práctico, ya que por una parte, la separación máxima que permite la tipología de viviendas del presente manual (**Figura V -5**) asciende a 10,80 m (4,80 + 1,20 + 4,80), a la vez que en la medida que la distancia entre puntos de apoyo excede 14,0 m, comienza a perder validez la hipótesis de peso propio de la estructura considerada en el cálculo. Esta situación se caracteriza en las tablas por medio de cifras en color rojo.

Para aleros mayores de 60 cm, la distancia máxima tabulada debe reducirse en el doble de la diferencia entre el alero materializado y 60 cm, mientras que en aleros menores la distancia máxima puede incrementarse en el doble de la diferencia entre 60 cm y el alero materializado.

En la columna 1 se indica la escuadría expresada en pulgadas nominales y en milímetros. En la columna 2 se indican las pendientes de techo. En las columnas 3 a 5 y 6 a 8 se indican las separaciones máximas permitidas entre ejes de paredes constituidas de pie derecho de Pino radiata estructural con grado mecánico C16 y C24, respectivamente, expresadas en metros, en función del espaciamiento entre pie derecho, la escuadría y la inclinación del techo.

s.p.h.: Superficie en proyección horizontal
s.d.t.: Superficie de techo

Inclinación de techo

d
d

Sad

Distancia entre ejes de pie derecho

Separación máxima entre paredes extremas (S ad)

Figura V - 4: Separación máxima entre ejes de paredes exteriores en viviendas de 1 piso.

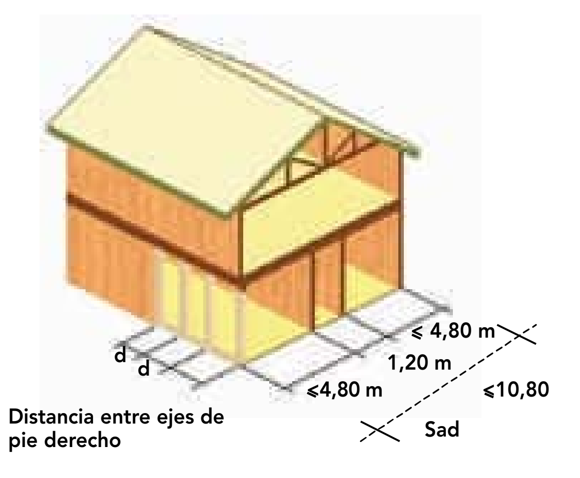


Figura V - 5: Situación para un pasillo interior de ancho máximo de 1.20 m, en viviendas de 2 pisos.

TABLA 3
SEPARACIÓN MÁXIMA (S ad) ENTRE EJES DE PAREDES EXTERIORES DE VIVIENDAS DE 1 PISO Y DEL SEGUNDO NIVEL EN VIVIENDAS DE 2 PISOS. VALORES EN m.

1		2	3		4	5	6	7	8
DENOMINACIÓN			Grado C16			Grado C24			
			Distancia entre ejes (m) de pie derecho			Distancia entre ejes (m)de pie derecho			
	Escuadría Espesor x Ancho	Pendiente techo	0,41	0,51	0,61	0,41	0,51	0,61	
			Separación máxima de paredes exteriores (S ad)			Separación máxima de paredes exteriores(S ad)			
	mm mm	%	m	m	m	m	m	m	
Paredes no expuestas al viento									
2 x 3	41 x 65	10	12,88	9,95	7,98	17,70	13,82	11,21	
		25	17,42	13,54	10,93	23,79	18,66	15,21	
		40	19,24	14,98	12,11	26,23	22,60	16,81	
Paredes expuestas a viento urbano									
2 x 3	41 x 65	10	1,44	0	0	6,78	3,05	0,60	
		25	2,29	0	0	9,35	4,42	1,18	
		40	2,63	0	0	10,37	4,97	1,41	
2 x 4	41 x 90	10	17,43	10,80	6,46	29,48	20,51	14,57	
		25	23,43	14,67	8,93	39,36	27,51	19,65	
		40	25,84	16,22	9,92	43,32	30,31	21,68	
Paredes expuestas a viento rural									
2 x 4	41 x 90	10	14,75	8,27	4,05	26,83	17,97	12,12	
		25	19,89	11,32	5,74	35,86	24,14	16,41	
		40	21,95	12,54	6,41	39,47	26,61	18,12	

•Ejemplos de aplicación:

Ejemplo 1:
Determinar la estructuración más económica de paredes exteriores de altura 2,44 m que apoyan un sistema de cerchas de techo de pendiente 10%, separadas 12 m entre ejes y con aleros de 60 cm. La construcción se encuentra protegida de la acción del viento.

Solución:
Por inspección en el primer bloque de la Tabla 3 se puede observar en las columnas 3 a 5 y 6 a 8, para los dos grados mecánicos y la pendiente 10%, las combinaciones de escuadría y espaciamiento más económicas que permiten cubrir una separación, S ad, entre paredes de al menos 12 m.

Para el grado mecánico C16

41 x 65 mm cada 0,41 m: S ad = 12,88 m > 12,0 m
41 x 90 mm cada 0,61 m: S ad = 21,87 m >> 12,0 m

Para el grado mecánico C24

41 x 65 mm cada 0,51 m: S ad = 13,82 m > 12,0 m
41 x 90 mm cada 0,61 m: S ad = 29,16 m >> 12,0 m

La solución más económica estará determinada por el consumo y por el precio de la madera en los grados C16 y C24.

Ejemplo 2:
Determinar la estructuración más económica de paredes exteriores de altura 2,44 m que apoyan un sistema de cerchas de techo de pendiente 40%, separadas 12 m entre ejes y con aleros de 80 cm. La construcción queda expuesta al viento en zona rural.

Solución:
Por requerirse de aleros con un desarrollo superior a 60 cm en proyección horizontal, la separación modificada que se debe considerar es:

S ad = 12 + 2 x (0,80 – 0,60) m = 12,40 m

Por inspección en el segundo bloque de Tabla 3, se identifica en las columnas 3 a 5 y 6 a 8, para los grados mecánicos y las pendientes 40%, las combinaciones de escuadría y espaciamiento más económicas que permiten cubrir una separación entre paredes de a lo menos 12,40 m.

Para el grado mecánico C16

41 x 65 mm: no permite solución verificable conforme a norma.
41 x 90 mm cada 0,51 m: S ad = 16,22 m >> 12,4 m
41 x 115 mm cada 0,61 m: S ad = 32,01 m >> 12,4 m

Para el grado mecánico C24

41 x 90 mm cada 0,61 m: S ad = 21,68 m >> 12,4 m

La solución más económica estará determinada por el consumo y por el precio de la madera en los grados C16 y C24.

Ejemplo 3:
Determinar la estructuración más económica de paredes exteriores de altura 2,44 m que apoyan un sistema de cerchas de techo de pendiente 25%, separadas 12 m entre ejes y con aleros de 50 cm. La construcción se encuentra expuesta al viento en zona rural.

Solución:
Por requerirse de aleros con un desarrollo menor a 60 cm en proyección horizontal, la separación modificada que se debe considerar es:

S ad = 12 + 2 x (0,60 – 0,50) m = 11,80 m

Por inspección en el tercer bloque de Tabla 3, se identifica en las columnas 3 a 5 y 6 a 8, para los grados mecánicos y las pendientes 25%, las combinaciones de escuadría y espaciamiento más económicas que permiten cubrir una separación entre paredes de a lo menos 11,80 m.

Para el grado mecánico C16

41 x 90 mm cada 0,41 m: S ad = 19,89 m >> 11,80 m
41 x 115 mm cada 0,61 m: S ad = 24,98 m >> 11,80 m

Para el grado mecánico C24

41 x 90 mm cada 0,61 m: S ad = 16,41 m >> 11,80 m

La solución más económica estará determinada por el consumo y por el precio de la madera en los grados C16 y C24.

3.2.2.2 Separación máxima entre paredes exteriores y paredes interiores adyacentes de primer nivel, en viviendas de dos pisos expuestas al viento

En las siguientes tablas se consigna la distancia máxima entre ejes de paredes interiores adyacentes a la que se pueden disponer las paredes exteriores de tabiquerías estructuradas con pie derecho de Pino radiata estructural con grado mecánico C16 y C24, en viviendas de 2 pisos, que reciben la carga de piso y resisten sistema de techo constituido por cerchas simplemente apoyadas, materializadas con aleros de 80 cm.

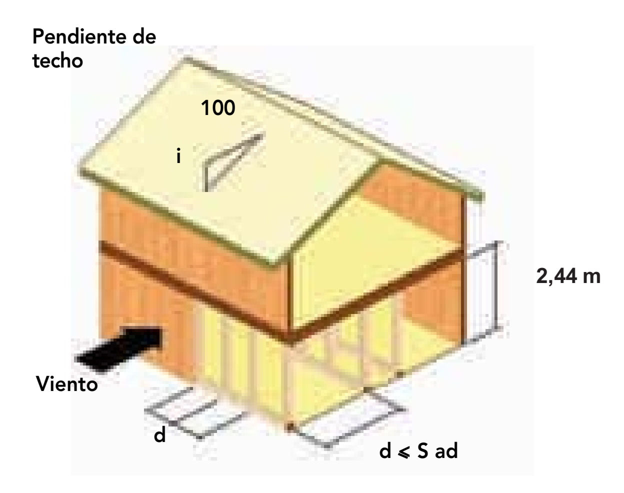


Figura V – 6 : Vivienda de dos pisos expuesta al viento.

Los estados de carga principales que solicitan el techo consisten en el peso propio, pp, y la sobrecarga, sc, especificada en NCh 1537. Los valores de diseño resultantes que dependen de la pendiente del techo, se indican a continuación.

i = 10% pp + sc: 1,37 kN/m2 (pp = 0,60 kN/m2 s.d.t.; sc = 0,77 kN/m2 s.p.h.)

i = 25% pp + sc: 1,0384 kN/m2 (pp = 0,60 kN/m2 s.d.t.; sc = 0,42 kN/m2 s.p.h.)

i = 40% pp + sc: 0,946 kN/m2 (pp = 0,60 kN/m2 s.d.t.; sc = 0,30 kN/m2 s.p.h.)

En la columna 1 se indica la escuadría expresada en medidas nominales y en milímetros. En la columna 2 se indican las pendientes de techo. En las columnas 3 a 5 se indican las separaciones máximas permitidas entre ejes de paredes constituidas de pie derecho de Pino radiata con grado mecánico C 16, expresadas en metros, en función del espaciamiento entre pie derecho, la escuadría y la inclinación de techo. En las columnas 6 a 8 se indican las separaciones máximas permitidas entre ejes de paredes constituidas de pie derecho de Pino radiata con grado mecánico C24, expresada en metros, en función del espaciamiento entre pie derecho, la escuadría y la inclinación de techo.

Cuando la separación máxima admisible entre paredes excede de 5,0 m el resultado pierde significado práctico, ya que la separación máxima que permiten los largos comerciales de piezas para envigados asciende a 4,80 m. Esta situación se caracteriza en las tablas por medio de cifras en color rojo. En tal caso, la alternativa es la utilización de vigas de maderas laminadas encoladas.

TABLA 4A
SEPARACIÓN MÁXIMA (S ad) ENTRE PAREDES EXTERIORES DE PRIMER NIVEL EN VIVIENDAS DE DOS PISOS EXPUESTAS AL VIENTO URBANO. PISO ACÚSTICO. VALORES EN m

1		2	3	4	5	6	7	8
DENOMINACIÓN	Escuadría Espesor x Ancho	Pendiente techo	Distancia entre ejes de pie derecho (m)			Distancia entre ejes de pie derecho (m)		
			0,41	0,51	0,61	0,41	0,51	0,61
			Separación máxima de (S ad)			Separación máxima de (S ad)		
	mm mm	%	m	m	m	m	m	m
2 x 3	41 x 65	10	0,00	0,00	0,00	0,77	0,00	0,00
		25	0,00	0,00	0,00	1,06	0,05	0,00
		40	0,00	0,00	0,00	1,15	0,11	0,00
2 x 4	41 x 90	10	3,32	1,73	0,70	6,20	4,05	2,63
		25	3,95	2,15	0,98	7,22	4,79	3,18
		40	4,14	2,28	1,06	7,52	5,01	3,34
2 x 5	41 x 115	10	9,20	6,26	4,33	14,16	10,27	7,69
		25	10,63	7,30	5,11	16,26	11,85	8,92

TABLA 4B
CUADRO 4b: SEPARACIÓN MÁXIMA (S ad) ENTRE PAREDES EXTERIORES DE PRIMER NIVEL EN VIVIENDAS DE DOS PISOS EXPUESTAS AL VIENTO RURAL. PISO ACÚSTICO. VALORES EN m

1		2	3	4	5	6	7	8
DENOMINACIÓN	Escuadría Espesor x Ancho	Pendiente techo	Distancia entre ejes de pie derecho (m)			Distancia entre ejes de pie derecho (m)		
			0,41	0,51	0,61	0,41	0,51	0,61
			Separación máxima de (S ad)			Separación máxima de (S ad)		
	mm mm	%	m	m	m	m	m	m
2 x 3	41 x 65	10	0,00	0,00	0,00	0,77	0,00	0,00
2 x 3	41 x 65	25	0,00	0,00	0,00	0,56	0,00	0,00
		40	0,00	0,00	0,00	0,64	0,00	0,00
2 x 4	41 x 90	25	3,23	1,48	0,34	6,50	4,10	2,52
		40	3,41	1,59	0,40	6,79	4,31	2,67
2 x 5	41 x 115	10	0,00	0,00	0,00	3,35	0,00	0,00
		25	9,67	6,41	4,27	15,31	10,95	8,07
		40	10,09	6,71	4,49	15,94	11,42	8,42
2 x 6	41 x 138	10	5,38	0,95	0,00	12,79	6,98	3,11
		25	17,61	12,60	9,29	25,99	19,42	15,04

TABLA 4C
SEPARACIÓN MÁXIMA (S ad) ENTRE PAREDES EXTERIORES DE PRIMER NIVEL EN VIVIENDAS DE DOS PISOS EXPUESTAS AL VIENTO URBANO. PISO LIVIANO. VALORES EN m

1		2	3	4	5	6	7	8
DENOMINACIÓN	Escuadría Espesor x Ancho	Pendiente techo	Distancia entre ejes de pie derecho (m)			Distancia entre ejes de pie derecho (m)		
			0,41	0,51	0,61	0,41	0,51	0,61
			Separación máxima de (S ad)			Separación máxima de (S ad)		
	mm mm	%	m	m	m	m	m	m
2 x 3	41 x 65	10	0,00	0,00	0,00	0,91	0,00	0,00
		25	0,00	0,00	0,00	1,29	0,06	0,00
		40	0,00	0,00	0,00	1,41	0,13	0,00
2 x 4	41 x 90	10	3,93	2,06	0,83	7,35	4,81	3,12
		25	4,79	2,61	1,18	8,75	5,80	3,85
		40	5,08	2,80	1,30	9,22	6,13	4,09
2 x 5	41 x 115	10	10,90	7,43	5,14	16,79	12,18	9,12
		25	12,88	8,84	6,19	19,71	14,36	10,80

TABLA 4D
SEPARACIÓN MÁXIMA (S ad) ENTRE PAREDES EXTERIORES DE PRIMER NIVEL EN VIVIENDAS DE DOS PISOS EXPUESTAS AL VIENTO RURAL. PISO LIVIANO. VALORES EN m

1		2	3	4	5	6	7	8
DENOMINACIÓN	Escuadría Espesor x Ancho	Pendiente techo	Distancia entre ejes de pie derecho (m)			Distancia entre ejes de pie derecho (m)		
			0,41	0,51	0,61	0,41	0,51	0,61
			Separación máxima de (S ad)			Separación máxima de (S ad)		
	mm mm	%	m	m	m	m	m	m
2 x 3	41 x 65	10	0,00	0,00	0,00	0,91	0,00	0,00
2 x 3	41 x 65	10	0,00	0,00	0,00	0,38	0,00	0,00
		25	0,00	0,00	0,00	0,68	0,06	0,00
		40	0,00	0,00	0,00	0,76	0,00	0,00
2 x 4	41 x 90	10	3,17	1,34	0,14	6,60	4,08	2,43
		25	3,91	1,78	0,39	7,90	4,98	3,06
		40	4,15	1,92	0,47	8,31	5,26	3,25
2 x 5	41 x 115	10	9,92	6,50	4,26	15,83	11,26	8,24
		25	11,74	7,77	5,17	18,61	13,31	9,80
		40	12,35	8,20	5,48	19,52	13,97	10,30

Ejemplos de aplicación:
Determinar la estructuración más económica para una pared exterior de una vivienda de dos pisos construida en zona urbana. El techo tiene una pendiente de 25% con alero de 80 cm. El sistema de piso es acústico, la separación entre paredes es de 3,60 m.

Solución:
Por tratarse de la pared exterior de una vivienda de dos pisos expuesta a vientos de zona urbana, con sistema de piso acústico, se debe utilizar la Tabla 4a. Por inspección se identifica en las columnas 3 a 5 y 6 a 8, para los grados mecánicos y las pendientes de 25%, las combinaciones de escuadrías y espaciamientos más económicas que permiten cubrir una separación, S ad; entre paredes de al menos 3,60 m.

Para el grado mecánico C16:

41 x 90 mm cada 0,41 m: S ad = 3,95 m > 3,60 m
41 x 115 mm cada 0,61 m: S ad = 5,11 m > 3,60 m

Para el grado mecánico C24:

41 x 90 mm cada 0,51 m: S ad = 4,79 m > 3,60 m
41 x 115 mm cada 0,61 m: S ad = 8,92 m > 3,60 m

La alternativa más económica estará determinada por el menor consumo y el precio del Pino radiata con grado mecánico que se utilice.

2.2.2.1 Separación máxima entre paredes exteriores de viviendas de un piso con techo a un agua

En los siguientes cuadros se consigna la distancia máxima entre ejes a la que se pueden disponer las paredes exteriores en recintos de un piso, con techo a un agua, cuando la altura del alero alto condiciona el uso de pie derecho de Pino radiata con grado mecánico de longitud 2,92 m; 3,60 m y 4,22 m, respectivamente. Se considera un sistema de techo de tijerales sin aleros. Las paredes exteriores soportan las cargas verticales provenientes del techo y quedan expuestas a la acción del viento.

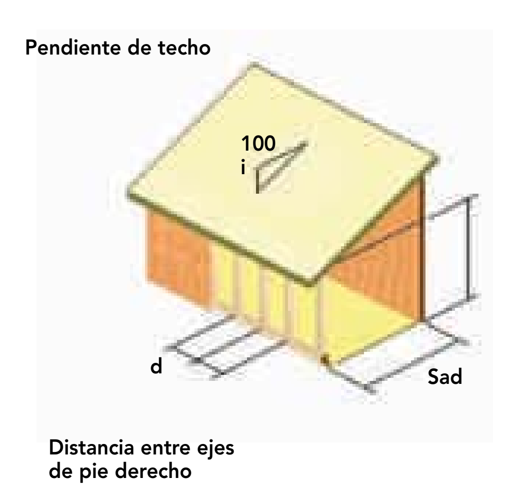


Figura V – 7 : Situación con techo a un agua.

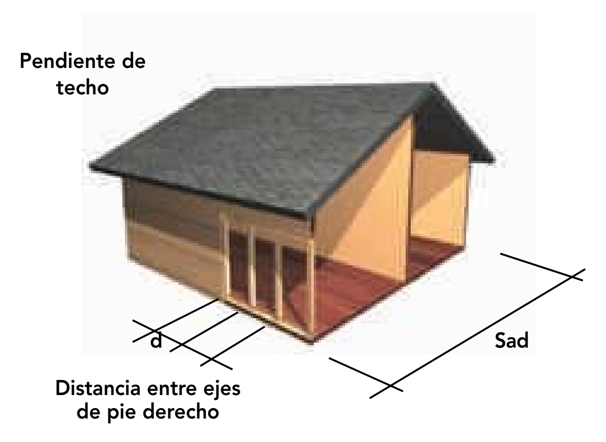


Figura V – 8 : Situación con techo a dos aguas.

En el caso de paredes no expuestas al viento, que refleja la situación de una pared central en un recinto con techo a dos aguas, la distancia indicada en las tablas corresponde a la separación máxima permitida entre ejes de paredes exteriores.

Los estados de carga principales que solicitan el techo consisten del peso propio, pp, y la sobrecarga de servicio, sc, especificada en NCh 1537. Los valores de diseño resultantes que dependen de la inclinación del techo, i, se indican a continuación:

i= 10% pp+sc: 1,37 kN/m2 (pp = 0,60 kN/m2 s.d.t.; sc = 0,77 kN/m2 s.p.h.)
i = 25% pp+sc: 1,0384 kN/m2 (pp = 0,60 kN/m2 s.d.t.; sc = 0,42 kN/m2 s.p.h.)
i = 40% pp+sc: 0,946 kN/m2 (pp = 0,60 kN/m2 s.d.t.; sc = 0,30 kN/m2 s.p.h.)

Se ha incorporado además el peso propio de la mitad superior de la pared, estimado en 0,50 kN/m2 de pared.

La solicitación de viento se modela por medio de una presión básica que, de acuerdo con NCh 432, en áreas urbanas asciende a 0,59 kPa, mientras que en áreas rurales corresponde a 0,70 kPa.

Las tablas se organizan en 8 columnas. En la columna 1 se indica la escuadría expresada en pulgadas nominales y en milímetros. En la columna 2 se indican las pendientes de techo.

En las columnas 3 a 5 se indican las separaciones máximas permitidas entre ejes de paredes constituidas de pie derecho de Pino radiata con grado mecánico C16, expresadas en metros, en función del espaciamiento entre los pie derecho, la escuadría y la inclinación del techo. En las columnas 6 a 8 se indica esta misma información para tabiquerías constituidas de pie derecho de Pino radiata con grado mecánico C24.

Cada cuadro consta de tres bloques, correspondiendo el primero a paredes que no quedan expuestas a la acción del viento, mientras que los dos siguientes establecen condiciones de exposición a viento urbano y viento rural respectivamente.

Cuando la separación máxima admisible entre paredes excede de 5,00 m el resultado pierde significado práctico, ya que la longitud máxima que permiten los largos comerciales de piezas para tijerales asciende a 4,80 m. Esta situación se caracteriza en las tablas por medio de cifras en color rojo. En el caso de las paredes interiores centrales no expuestas al viento, este límite se incrementa a 10 m. Como alternativa puede utilizarse madera laminada encolada.

TABLA 5A
SEPARACIÓN MÁXIMA (S ad) ENTRE PAREDES EXTERIORES DE VIVIENDAS DE 1 PISO CON TECHO A UN AGUA. PAREDES DE ALTURA 2,92 m. VALORES EN m

1		2	3	4	5	6	7	8
DENOMINACIÓN	Escuadría Espesor x Ancho	Pendiente techo	Distancia entre ejes de pie derecho (m)			Distancia entre ejes de pie derecho (m)		
			0,41	0,51	0,61	0,41	0,51	0,61
			Separación máxima de (S ad)			Separación máxima de (S ad)		
	mm mm	%	m	m	m	m	m	m
Paredes no expuestas a viento								
2 x 3	41 x 65	10	9,80	7,67	6,24	13,36	10,53	8,63
2 x 4	41 x 90	10	25,57	20,35	16,84	33,97	27,10	22,48
Paredes expuestas al viento urbano								
2 x 3	41 x 65	10	0,00	0,00	0,00	2,33	0,00	0,00
2 x 4	41 x 90	10	9,37	4,52	1,37	18,64	11,98	7,59
2 x 5	41 x 115	10	28,15	18,78	12,63	44,95	32,31	23,93
Paredes expuestas al viento rural								
2 x 4	41 x 90	10	6,69	1,98	0,00	15,97	9,41	5,11
2 x 5	41 x 115	10	24,66	15,48	9,50	41,50	29,00	20,76

TABLA 5B
SEPARACIÓN MÁXIMA (S ad) ENTRE PAREDES EXTERIORES DE VIVIENDAS DE 1 PISO CON TECHO A UN AGUA. PAREDES DE ALTURA 3,60 m. VALORES EN m

1		2	3	4	5	6	7	8
DENOMINACIÓN	Escuadría Espesor x Ancho	Pendiente techo	Distancia entre ejes de pie derecho (m)			Distancia entre ejes de pie derecho (m)		
			0,41	0,51	0,61	0,41	0,51	0,61
			Separación máxima de (S ad)			Separación máxima de (S ad)		
	mm mm	%	m	m	m	m	m	m
Paredes no expuestas a viento								
2 x 3	41 x 65	10	6,08	4,63	3,65	8,53	6,60	5,30
		25	8,03	6,12	4,83	11,28	8,73	7,01
2 x 4	41 x 90	10	17,22	13,59	11,15	23,23	18,42	15,18
		25	22,77	17,96	14,74	30,71	24,35	20,07
Paredes expuestas al viento urbano								
2 x 4	41 x 90	10	1,01	0,00	0,00	7,67	3,10	0,11
		25	1,34	0,00	0,00	10,14	4,10	0,14
2 x 5	41 x 115	10	13,56	7,00	2,74	26,06	17,04	11,09
		25	17,93	9,26	3,62	34,46	22,54	14,67
2 x 6	41 x 138	10	30,73	20,01	13,00	50,18	35,66	26,05
		25	40,64	26,46	17,19	66,35	47,15	34,44
Paredes expuestas al viento rural								
2 x 4	41 x 90	10	0,00	0,00	0,00	4,99	0,52	0,00
		25	0,00	0,00	0,00	6,59	0,68	0,00
2 x 5	41 x 115	10	10,08	3,70	0,00	22,58	13,70	7,87
		25	13,33	4,89	0,00	29,85	18,11	10,41
2 x 6	41 x 138	10	26,49	16,01	9,20	45,96	31,62	22,17
		25	35,02	21,17	12,16	60,76	41,81	29,32

Ejemplos de aplicación:
Determinar la estructuración más económica para las paredes del alero superior de un recinto con techo a un agua, de pendiente 10%, con separación entre paredes de 4,50 m y altura de alero superior de 3,60 m, que se construirá en zona rural.

Solución:
Por tratarse de paredes de altura 3,60 m expuestas a vientos de zona rural, debe utilizarse el tercer bloque de la Tabla 5b. Las combinaciones de escuadrías y espaciamiento más económicos que permiten cubrir una separación, S ad, entre paredes de a los menos 4,50 m

Para el grado mecánico C16:

41 x 115 mm cada 0,41 m: S ad = 10,08 m > 4,50 m
41 x 138 mm cada 0,61 m: S ad = 9,20 m > 3,60 m

Para el grado mecánico C24:

41 x 90 mm cada 0,41 m : S ad = 4,99 m > 4,50 m
41 x 115 mm cada 0,61 m :S ad = 7,87 m > 4,50 m

La alternativa más económica estará determinada por el menor consumo y el precio del Pino radiata con grado mecánico que se utilice.

2.2.2.2 Distancia máxima entre ejes de paredes interiores de primer nivel en viviendas de dos pisos

Las paredes resisten las cargas de piso del segundo nivel con su sobrecarga de servicio, además del peso de un tabique no estructural de segundo piso dispuesto sobre el eje de la pared.
No reciben descargas del techo.

- **Consideraciones:**
  - Para la paredes interiores se considera un peso propio total de 0,50 kN/m2 de pared.
  - Piso liviano. Peso propio: 0,60 kN/m2
  - Piso acústico. Peso propio: 1,50 kN/m2 (Sobrelosa de hormigón de 40 mm de espesor).
  - Sobrecarga de servicio de 1,50 kN/m2.

Cuando la separación máxima admisible entre paredes excede de 5,00 m el resultado pierde validez, por las mismas razones antes descritas.



Figura V – 9 : Situación de vivienda de dos pisos, paredes resisten las cargas de piso.

TABLA 6A
SEPARACIÓN MÁXIMA (S ad) DE PAREDES INTERIORES DE PRIMER NIVEL EN VIVIENDAS DE DOS PISOS. SISTEMA DE PISO TADICIONAL. VALORES EN m.

1		2	3	4	5	6	7
DENOMINACIÓN		Grado C16			Grado C24		
		Distancia entre ejes de pie derecho (m)			Distancia entre ejes de pie derecho (m)		
	Escuadría	0,41	0,51	0,61	0,41	0,51	0,61
	Espesor x Ancho	Separación máxima de (S ad)			Separación máxima de (S ad)		
	mm mm	m	m	m	m	m	m
2 x 3	41 x 65	3,75	2,84	2,22	5,22	4,01	3,20
2 x 4	41 x 90	9,89	7,77	6,34	13,03	10,29	8,45
2 x 5	41 x 115	18,11	14,38	11,87	23,13	18,42	15,25

TABLA 6B
SEPARACIÓN MÁXIMA (S ad) DE PAREDES INTERIORES DE PRIMER NIVEL EN VIVIENDAS DE DOS PISOS. SISTEMA DE PISO ACÚSTICO. VALORES EN m.

1		2	3	4	5	6	7
DENOMINACIÓN		Grado C16			Grado C24		
		Distancia entre ejes de pie derecho (m)			Distancia entre ejes de pie derecho (m)		
	Escuadría	0,41	0,51	0,61	0,41	0,51	0,61
	Espesor x Ancho	Separación máxima de (S ad)			Separación máxima de (S ad)		
	mm mm	m	m	m	m	m	m
2 x 3	41 x 65	2,63	1,98	1,55	3,65	2,81	2,24
2 x 4	41 x 90	6,92	5,44	4,44	9,12	7,20	5,92
2 x 5	41 x 115	12,68	10,07	8,31	16,19	12,89	10,67

3.2.3 DINTELES

En las tablas siguientes se entregan soluciones para dinteles ubicados en paredes exteriores de viviendas de un piso y de segundo nivel en viviendas de dos pisos; en paredes exteriores e interiores de primer nivel de casas de dos pisos y en cumbreras de viviendas con techos de tijerales a dos aguas.

La estructura consiste siempre del acoplamiento de "cara contra cara" por medio del clavado de dos o tres piezas de dos pulgadas de espesor nominal, según se esquematiza en las figuras. Consecuentemente las soluciones se designan como 2 (2 x h) expresando el hecho de tratarse de dos piezas de escuadría nominal 2 x h pulgadas y 3 (2 x h) en el caso de tres piezas de escuadría nominal de 2 x h.

Alternativamente es posible utilizar madera laminada.



Figura V – 10: Diferentes soluciones para dinteles con dos o tres piezas de madera aserrada de Pino radiata.

3.2.3.1 Dinteles de vanos en viviendas de 1 piso o del segundo nivel en viviendas de dos pisos

En las siguientes tablas se indican las estructuraciones de dinteles que permiten cubrir vanos de hasta 3,01 m, para sistemas de techo que se apoyan sobre paredes espaciadas hasta 12,0 m, con aleros de hasta 60 cm.

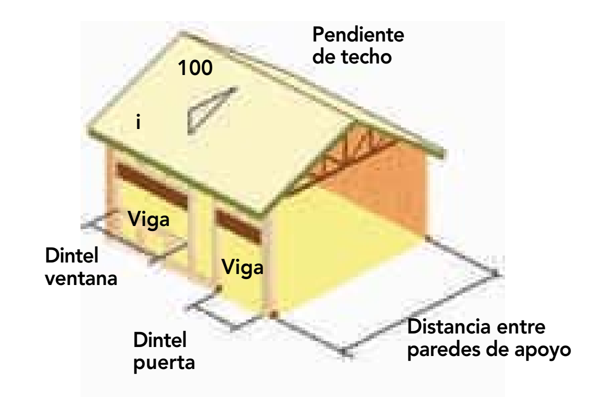


Figura V – 11: Dimensionamiento para estructura de dinteles.

TABLA 7A
ESTRUCTURA DE DINTELES PARA VANOS DE VENTANAS, PUERTAS Y PORTONES EN VIVIENDAS DE UN PISO O PARA SEGUNDO NIVEL EN CASAS DE DOS PISOS. PENDIENTE DE TECHO 10%
(# Piezas/(escuadría)).

Pp + sc: 1,37 kN/m^2 (pp = 0,60 kN/m^2 s.d.t.; sc = 0,77 kN/m^2 s.p.h.)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
GRADO MECÁNICO	VANO DINTEL (m)	DISTANCIA ENTRE PAREDES DE APOYO (m)							
		3,6	4,8	6,0	7,2	8,4	9,6	10,8	12,0
C16	0,91	2/(2 x 3)	2/(2 x 4)	2/(2 x 4)	2/(2 x 4)	2/(2 x 4)	2/(2 x 4)	2/(2 x 4)	2/(2 x 5)
	1,21	2/(2 x 4)	2/(2 x 5)	2/(2 x 5)	2/(2 x 5)	2/(2 x 5)	2/(2 x 5)	2/(2 x 6)	2/(2 x 6)
	1,51	2/(2 x 5)	2/(2 x 5)	2/(2 x 6)	2/(2 x 6)	2/(2 x 6)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)
	1,81	2/(2 x 6)	2/(2 x 6)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	-
	2,11	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	-	-	-	-
	2,41	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	-	-	-	-	-	-
C24	0,91	2/(2 x 3)	2/(2 x 3)	2/(2 x 4)	2/(2 x 4)	2/(2 x 4)	2/(2 x 4)	2/(2 x 4)	2/(2 x 4)
	1,21	2/(2 x 4)	2/(2 x 4)	2/(2 x 4)	2/(2 x 5)	2/(2 x 5)	2/(2 x 5)	2/(2 x 5)	2/(2 x 5)
	1,51	2/(2 x 5)	2/(2 x 5)	2/(2 x 5)	2/(2 x 5)	2/(2 x 6)	2/(2 x 6)	2/(2 x 6)	2/(2 x 6)
	1,81	2/(2 x 5)	2/(2 x 6)	2/(2 x 6)	2/(2 x 6)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)
	2,11	2/(2 x 6)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	-
	2,41	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	-	-	-	-
	2,71	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	-	-	-	-	-	-

TABLA 7B
ESTRUCTURACIÓN DE DINTELES PARA VANOS DE VENTANAS, PUERTAS Y PORTONES EN VIVIENDAS DE UN PISO O PARA SEGUNDO NIVEL EN CASAS DE DOS PISOS. PENDIENTE DE TECHO 25%
(# Piezas/(escuadría)).

Pp + sc: 1,0384 kN/m^2 (pp = 0,60 kN/m^2 s.d.t.; sc = 0,42 kN/m^2 s.p.h.)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
GRADO MECÁNICO	VANO DINTEL (m)	DISTANCIA ENTRE PAREDES DE APOYO (m)							
		3,6	4,8	6,0	7,2	8,4	9,6	10,8	12,0
C16	0,91	2/(2 x 3)	2/(2 x 3)	2/(2 x 4)	2/(2 x 4)	2/(2 x 4)	2/(2 x 4)	2/(2 x 4)	2/(2 x 4)
	1,21	2/(2 x 4)	2/(2 x 4)	2/(2 x 4)	2/(2 x 5)	2/(2 x 5)	2/(2 x 5)	2/(2 x 6)	2/(2 x 5)
	1,51	2/(2 x 5)	2/(2 x 5)	2/(2 x 5)	2/(2 x 6)	2/(2 x 6)	2/(2 x 6)	2/(2 x 8)	2/(2 x 6)
	1,81	2/(2 x 6)	2/(2 x 6)	2/(2 x 6)	2/(2 x 6)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)
	2,11	2/(2 x 6)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	-	-	-
	2,41	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	-	-	-	-
	2,71	2/(2 x 8)	-	-	-	-	-	-	-
C24	0,91	2/(2 x 3)	2/(2 x 3)	2/(2 x 3)	2/(2 x 3)	2/(2 x 4)	2/(2 x 4)	2/(2 x 4)	2/(2 x 4)
	1,21	2/(2 x 4)	2/(2 x 4)	2/(2 x 4)	2/(2 x 4)	2/(2 x 4)	2/(2 x 5)	2/(2 x 5)	2/(2 x 5)
	1,51	2/(2 x 4)	2/(2 x 5)	2/(2 x 5)	2/(2 x 5)	2/(2 x 5)	2/(2 x 5)	2/(2 x 6)	2/(2 x 6)
	1,81	2/(2 x 5)	2/(2 x 5)	2/(2 x 6)	2/(2 x 6)	2/(2 x 6)	2/(2 x 6)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)
	2,11	2/(2 x 6)	2/(2 x 6)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)
	2,41	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	-	-
	2,71	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	-	-	-	-	-
	3,01	2/(2 x 8)	-						

TABLA 7C ESTRUCTURACIÓN DE DINTELES PARA VANOS DE VENTANAS, PUERTAS Y PORTONES EN VIVIENDAS DE UN PISO O PARA SEGUNDO NIVEL EN CASAS DE DOS PISOS. PENDIENTE DE TECHO 40% (# Piezas/(escuadría)).									
Pp + sc: 0,946 kN/m² (pp = 0,60 kN/m² s.d.t.; sc = 0,30 kN/m² s.p.h.)									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
GRADO MECÁNICO	VANO DINTEL (m)	DISTANCIA ENTRE PAREDES DE APOYO (m)							
		3,6	4,8	6,0	7,2	8,4	9,6	10,8	12,0
C16	0,91	2/(2 x 3)	2/(2 x 3)	2/(2 x 3)	2/(2 x 4)	2/(2 x 4)	2/(2 x 4)	2/(2 x 4)	2/(2 x 4)
	1,21	2/(2 x 4)	2/(2 x 4)	2/(2 x 4)	2/(2 x 4)	2/(2 x 5)	2/(2 x 5)	2/(2 x 5)	2/(2 x 5)
	1,51	2/(2 x 5)	2/(2 x 5)	2/(2 x 5)	2/(2 x 5)	2/(2 x 6)	2/(2 x 6)	2/(2 x 6)	2/(2 x 6)
	1,81	2/(2 x 5)	2/(2 x 6)	2/(2 x 6)	2/(2 x 6)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)
	2,11	2/(2 x 6)	2/(2 x 6)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	-
	2,41	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	-	-	-	-
	2,71	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	-	-	-	-	-	-
C24	0,91	2/(2 x 3)	2/(2 x 3)	2/(2 x 3)	2/(2 x 4)	2/(2 x 4)	2/(2 x 4)	2/(2 x 4)	2/(2 x 4)
	1,21	2/(2 x 4)	2/(2 x 4)	2/(2 x 4)	2/(2 x 4)	2/(2 x 4)	2/(2 x 4)	2/(2 x 5)	2/(2 x 5)
	1,51	2/(2 x 4)	2/(2 x 5)	2/(2 x 5)	2/(2 x 5)	2/(2 x 5)	2/(2 x 5)	2/(2 x 5)	2/(2 x 6)
	1,81	2/(2 x 5)	2/(2 x 5)	2/(2 x 6)	2/(2 x 6)	2/(2 x 6)	2/(2 x 6)	2/(2 x 6)	2/(2 x 8)
	2,11	2/(2 x 6)	2/(2 x 6)	2/(2 x 6)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)
	2,41	2/(2 x 6)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	-
	2,71	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)	-	-	-	-
	3,01	2/(2 x 8)	2/(2 x 8)						

- **Consideraciones:**

  - Techo con un peso propio de 0,60 kN/m, expresado en el plano de la cubierta de techo y la sobrecarga de servicio para sistemas de techo establecida, en la norma NCh 1537.
  - Factor de duración de carga KD = 1,25
  - Deformación vertical máxima bajo cargas de peso propio y sobrecargas de servicio de 1/400 del largo de dintel.
  - Para el caso de las tensiones admisibles de cizalle se asume el valor establecido en NCh 1198 para los grados estructurales visuales de la especie, esto es, Fv = 1,1 Mpa.
  - El largo de diseño se define como la distancia entre los bordes de apoyo incrementada en cada extremo, en la mitad de la longitud de apoyo requerida por concepto de aplastamiento. La mayoría se limita al 5% del vano efectivo a cubrir.
  - Las soluciones indicadas asumen la acción de cargas uniformemente distribuidas.
  - La estabilidad general de los dinteles debe asegurarse adecuadamente por medio de disposiciones constructivas.

En el caso de dinteles de segundo piso con aleros de 80 cm, en lugar de los 60 cm que se acostumbra para casas de un nivel, las distancias entre paredes indicadas en los encabezamientos de las tablas deben reducirse en 40 cm. En consecuencia la serie numérica a considerar es 3,20 m; 4,40 m; 5,60 m; 6,80 m; 9,20 m; 10,40 m y 11,60 m, respectivamente.

Ejemplo de aplicación:
Se debe definir el dintel más económico que permite cubrir un vano de 2,0 m en la pared exterior de una vivienda de un piso, con un techo de pendiente 10%, que se apoya sobre paredes exteriores separadas (entre ejes) en 10,0 m.

Solución:
Por tratarse de un techo con inclinación de 10%, procede trabajar con la tabla 7a. Se escoge la distancia entre paredes de apoyo no menor a 10,0 m por lo que el valor, según la columna 9, corresponde a 10,8 m. Para cubrir un vano de 2,0 m se requiere la colocación de una sección equivalente a 2 (2 x 8) en grado estructural C24.

3.2.3.2 Estructuración de dinteles del primer nivel para paredes exteriores de viviendas de dos pisos con entrepiso liviano

En las proximas tablas se indican las estructuraciones de dinteles que permiten cubrir vanos de hasta 1,81 m para paredes exteriores del primer nivel espaciadas hasta 12 m de viviendas de dos pisos, con aleros de hasta 80 cm. Se presentan soluciones en Pino radiata con grado estructural.

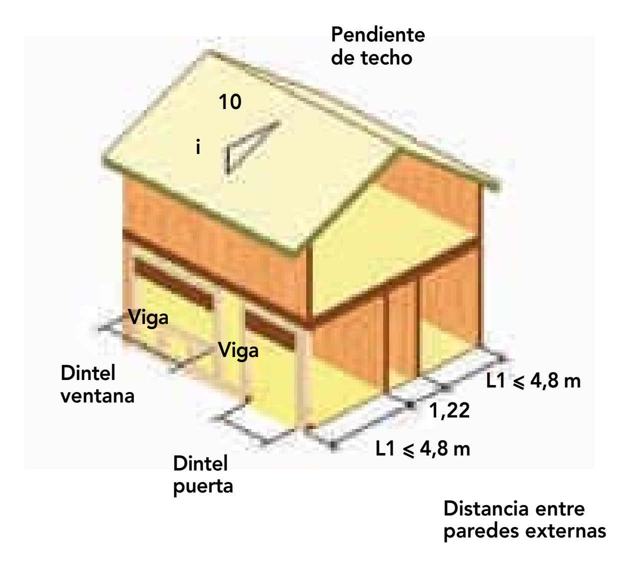


Figura V – 12: Dimensionamiento de dinteles de paredes exteriores de primer nivel en viviendas de dos pisos.

- **Consideraciones:**
  - Techo con un peso propio de 0,60 kN/m, expresado en el plano de la cubierta de techo y la sobrecarga de servicio para sistemas de techo establecida en la norma NCh 1537.
  - Entrepiso liviano con peso propio de 0,60 kN/m2 y sobrecarga de servicio de 1,50 kN/m2.
  - Factor de duración de carga KD = 1,25 para tensiones de cizalle y flexión.
  - Deformación vertical máxima bajo cargas de peso propio y sobrecargas de servicio de 1/400 avo del largo del dintel.
  - Para el caso de las tensiones admisibles de cizalle se asume el valor establecido en NCh 1198 para los grados estructurales visuales de la especie, esto es, Fv = 1,1 Mpa.
  - El largo de diseño se define como la distancia entre los bordes de apoyo incrementada en cada extremo, en la mitad de la longitud de apoyo requerida por concepto de aplastamiento. La mayoría se limita al 5% del vano efectivo a cubrir.
  - Las soluciones indicadas asumen la acción de cargas uniformemente distribuidas.
  - La estabilidad general de los dinteles debe asegurarse adecuadamente por medio de disposiciones constructivas.
  - La separación máxima entre ejes de las paredes exteriores y las líneas de apoyo interior (paredes, tabiques, dinteles o vigas), no excede de 5,40 m.

En la columna 1 se indica el grado mecánico de las piezas de Pino radiata constituyentes. En la columna 2 se consigna la separación simple entre los bordes del vano que cubre el dintel, la que varía entre 0,91 m a 1,81 m. En las columnas 3 a 8 se indican las estructuraciones requeridas para distancias entre ejes de paredes de apoyo exteriores, las que a su vez varían entre 3,60 m y 12,0 m.

TABLA 8A
ESTRUCTURACIÓN DE DINTELES PARA VANOS DE VENTANAS Y PUERTAS EN EL PRIMER NIVEL DE VIVIENDAS DE DOS PISOS. ENTREPISO LIVIANO, PENDIENTE DE TECHO 10%
(# Piezas/(escuadría)).

Pp + sc techo: 1,37 kN/m^2 (pp = 0,60 kN/m^2 s.d.t.; sc = 0,77 kN/m^2 s.p.h.)
Pp + sc entrepiso: 2,1 kN/m^2 (pp = 0,60 kN/m^2 s.d.t.; sc = 1,50 kN/m^2 s.p.h.)

1	2	3	4	5	6	7	8
GRADO MECÁNICO	VANO DINTEL (m)	**DISTANCIA ENTRE PAREDES DE APOYO (m)**					
		6,0	7,2	8,4	9,6	10,8	12,0
C16	0,91 1,21 1,51	2 (2 x 5) 2 (2 x 6) 2 (2 x 8)	2 (2 x 5) 2 (2 x 8) 2 (2 x 8)	2 (2 x 5) 2 (2 x 8) -	2 (2 x 6) 2 (2 x 8) -	2 (2 x 6) 2 (2 x 8) -	2 (2 x 6) 2 (2 x 8) -
C24	0,91 1,21 1,51 1,81	2 (2 x 4) 2 (2 x 5) 2 (2 x 6) 2 (2 x 8)	2 (2 x 4) 2 (2 x 6) 2 (2 x 8) 2 (2 x 8)	2 (2 x 5) 2 (2 x 6) 2 (2 x 8) -	2 (2 x 5) 2 (2 x 6) 2 (2 x 8) -	2 (2 x 5) 2 (2 x 8) 2 (2 x 8) -	2 (2 x 5) 2 (2 x 8) - -

TABLA 8B
ESTRUCTURACIÓN DE DINTELES PARA VANOS DE VENTANAS Y PUERTAS EN EL PRIMER NIVEL DE VIVIENDAS DE DOS PISOS. ENTREPISO LIVIANO, PENDIENTE DE TECHO 25%
(# Piezas/(escuadría)).

Pp + sc techo: 1,0384 kN/m^2 (pp = 0,60 kN/m^2 s.d.t.; sc = 0,42 kN/m^2 s.p.h.)
Pp + sc entrepiso: 2,1 kN/m^2 (pp = 0,60 kN/m^2 s.d.t.; sc = 1,50 kN/m^2 s.p.h.)

1	2	3	4	5	6	7	8
GRADO MECÁNICO	VANO DINTEL (m)	**DISTANCIA ENTRE PAREDES DE APOYO (m)**					
		6,0	7,2	8,4	9,6	10,8	12,0
C16	0,91 1,21 1,51 1,81	2 (2 x 4) 2 (2 x 6) 2 (2 x 8) 2 (2 x 8)	2 (2 x 5) 2 (2 x 6) 2 (2 x 8) -	2 (2 x 5) 2 (2 x 8) 2 (2 x 8) -	2 (2 x 5) 2 (2 x 8) - -	2 (2 x 6) 2 (2 x 8) - -	2 (2 x 6) 2 (2 x 8) - -
C24	0,91 1,21 1,51 1,81	2 (2 x 4) 2 (2 x 5) 2 (2 x 6) 2 (2 x 8)	2 (2 x 4) 2 (2 x 5) 2 (2 x 6) 2 (2 x 8)	2 (2 x 4) 2 (2 x 6) 2 (2 x 8) 2 (2 x 8)	2 (2 x 5) 2 (2 x 6) 2 (2 x 8) -	2 (2 x 5) 2 (2 x 6) 2 (2 x 8) -	2 (2 x 5) 2 (2 x 6) 2 (2 x 6) -

TABLA 8C ESTRUCTURACIÓN DE DINTELES PARA VANOS DE VENTANAS Y PUERTAS EN EL PRIMER NIVEL DE VIVIENDAS DE DOS PISOS. ENTREPISO LIVIANO, PENDIENTE DE TECHO 40% (# Piezas/(escuadría)).							
Pp + sc techo: 0,946 kN/m^2 (pp = 0,60 kN/m^2 s.d.t.; sc = 0,30 kN/m^2 s.p.h.) Pp + sc entrepiso: 2,1 kN/m^2 (pp = 0,60 kN/m^2 s.d.t.; sc = 1,50 kN/m^2 s.p.h.)							
1	2	3	4	5	6	7	8
GRADO MECÁNICO	VANO DINTEL (m)	DISTANCIA ENTRE PAREDES DE APOYO (m)					
		6,0	7,2	8,4	9,6	10,8	12,0
C16	0,91 1,21 1,51 1,81	2 (2 x 4) 2 (2 x 6) 2 (2 x 8) 2 (2 x 8)	2 (2 x 5) 2 (2 x 6) 2 (2 x 8) -	2 (2 x 5) 2 (2 x 8) 2 (2 x 8) -	2 (2 x 5) 2 (2 x 8) - -	2 (2 x 6) 2 (2 x 8) - -	2 (2 x 6) 2 (2 x 8) - -
C24	0,91 1,21 1,51 1,81	2 (2 x 4) 2 (2 x 5) 2 (2 x 6) 2 (2 x 8)	2 (2 x 4) 2 (2 x 5) 2 (2 x 6) 2 (2 x 8)	2 (2 x 4) 2 (2 x 6) 2 (2 x 8) 2 (2 x 8)	2 (2 x 5) 2 (2 x 6) 2 (2 x 8) 2 (2 x 8)	2 (2 x 5) 2 (2 x 6) 2 (2 x 8) -	2 (2 x 5) 2 (2 x 6) 2 (2 x 8) -

Ejemplo de aplicación:
Se debe definir el dintel más económico estructurado en Pino radiata con grado estructural que permita cubrir un vano de 1,51 m, en una pared exterior del primer nivel de una vivienda de dos pisos con sistema de piso tradicional y pendiente de techo del 10%. La separación entre ejes de paredes exteriores asciende a 10,6 m.

Solución:
Por tratarse de un techo con inclinación del 10%, se procede a trabajar con la tabla 8a. Como la separación entre paredes 10,6 m no se encuentra tabulada, con criterio conservador se elegirá la estructuración que cumpla con la exigencia de distancia entre ejes de paredes exteriores inmediatamente superior, o sea 10,80 m (columna 7).

Para piezas de grado mecánico C16 no existe solución verificable.

Para piezas de grado mecánico C24 la estructuración requerida es de 2 (2 x 8).

3.2.3.3 Estructuración de dinteles de paredes exteriores del primer nivel para viviendas de dos pisos con entrepiso acústico

Las siguientes tablas se manejan en forma análoga a las anteriores. Difieren únicamente en el peso propio considerado para el sistema de entrepiso, que en este caso cubre valores de hasta 1,50 kN/m^2 con una sobrecarga de servicio de 1,50 kN/m^2.

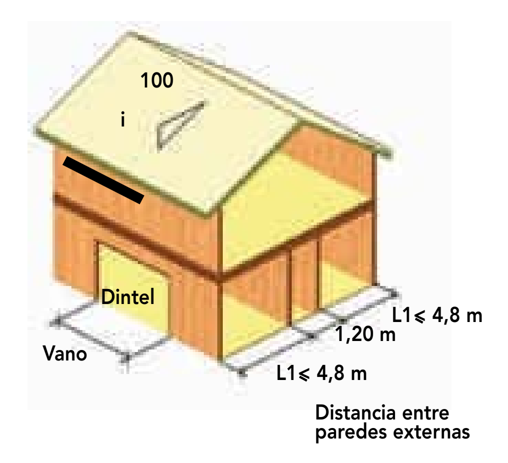


Figura V – 13: Dimensionamiento de dinteles de paredes exteriores de primer nivel en viviendas de dos pisos con entrepiso acústico.

TABLA 9A
ESTRUCTURACIÓN DE DINTELES PARA VANOS DE VENTANAS Y PUERTAS EN EL PRIMER NIVEL DE VIVIENDAS DE DOS PISOS. ENTREPISO ACÚSTICO, PENDIENTE DE TECHO 10%
(# Piezas/(escuadría)).

Pp + sc techo: 1,37 kN/m^2 (pp = 0,60 kN/m^2 s.d.t.; sc = 0,77 kN/m^2 s.p.h.)
Pp + sc entrepiso: 3,01 kN/m^2 (pp = 0,60 kN/m^2 s.d.t.; sc = 1,50 kN/m^2 s.p.h.)

1	2	3	4	5	6	7	8
GRADO MECÁNICO	VANO DINTEL (m)	DISTANCIA ENTRE PAREDES DE APOYO (m)					
		6,0	7,2	8,4	9,6	10,8	12,0
C16	0,91 1,21 1,51	2 (2 x 5) 2 (2 x 6) 2 (2 x 8)	2 (2 x 5) 2 (2 x 8) -	2 (2 x 6) 2 (2 x 8) -	2 (2 x 6) 2 (2 x 8) -	2 (2 x 6) 2 (2 x 8) -	2 (2 x 8) - -
C24	0,91 1,21 1,51 1,81	2 (2 x 4) 2 (2 x 5) 2 (2 x 6) 2 (2 x 8)	2 (2 x 5) 2 (2 x 6) 2 (2 x 6) -	2 (2 x 5) 2 (2 x 6) 2 (2 x 8) -	2 (2 x 5) 2 (2 x 8) 2 (2 x 8) -	2 (2 x 5) 2 (2 x 8) - -	2 (2 x 6) 2 (2 x 8) - -

TABLA 9B
ESTRUCTURACIÓN DE DINTELES PARA VANOS DE VENTANAS Y PUERTAS EN EL PRIMER NIVEL DE VIVIENDAS DE DOS PISOS. ENTREPISO ACÚSTICO, PENDIENTE DE TECHO 25%
(# Piezas/(escuadría)).

Pp + sc techo: 1,37 kN/m^2 (pp = 0,60 kN/m^2 s.d.t.; sc = 0,77 kN/m^2 s.p.h.)
Pp + sc entrepiso: 3,0 kN/m^2 (pp = 1,50 kN/m^2 s.d.t.; sc = 1,50 kN/m^2 s.p.h.)

1	2	3	4	5	6	7	8
GRADO MECÁNICO	VANO DINTEL (m)	DISTANCIA ENTRE PAREDES DE APOYO (m)					
		6,0	7,2	8,4	9,6	10,8	12,0
C16	0,91 1,21 1,51	2 (2 x 5) 2 (2 x 6) 2 (2 x 8)	2 (2 x 5) 2 (2 x 8) 2 (2 x 8)	2 (2 x 5) 2 (2 x 8) -	2 (2 x 6) 2 (2 x 8) -	2 (2 x 6) 2 (2 x 8) -	2 (2 x 6) 2 (2 x 8) -
C24	0,91 1,21 1,51 1,81	2 (2 x 4) 2 (2 x 5) 2 (2 x 6) 2 (2 x 8)	2 (2 x 4) 2 (2 x 6) 2 (2 x 8) 2 (2 x 8)	2 (2 x 5) 2 (2 x 6) 2 (2 x 8) -	2 (2 x 5) 2 (2 x 6) 2 (2 x 8) -	2 (2 x 5) 2 (2 x 8) 2 (2 x 8) -	2 (2 x 5) 2 (2 x 8) - -

TABLA 9C ESTRUCTURACIÓN DE DINTELES PARA VANOS DE VENTANAS Y PUERTAS EN EL PRIMER NIVEL DE VIVIENDAS DE DOS PISOS. ENTREPISO ACÚSTICO, PENDIENTE DE TECHO 40% (# Piezas/(escuadría)).							
Pp + sc techo: 0,946 kN/m^2 (pp = 0,60 kN/m^2 s.d.t.; sc = 0,77 kN/m^2 s.p.h.) **Pp + sc entrepiso: 3,0 kN/m^2 (pp = 0,60 kN/m^2 s.d.t.; sc = 0,30 kN/m^2 s.p.h.)**							
1	2	3	4	5	6	7	8
GRADO MECÁNICO	VANO DINTEL (m)	DISTANCIA ENTRE PAREDES DE APOYO (m)					
		6,0	7,2	8,4	9,6	10,8	12,0
C16	0,91 1,21 1,51	2 (2 x 5) 2 (2 x 6) 2 (2 x 8)	2 (2 x 5) 2 (2 x 8) 2 (2 x 8)	2 (2 x 5) 2 (2 x 8) -	2 (2 x 6) 2 (2 x 8) -	2 (2 x 6) 2 (2 x 8) -	2 (2 x 6) 2 (2 x 8) -
C24	0,91 1,21 1,51 1,81	2 (2 x 4) 2 (2 x 5) 2 (2 x 6) 2 (2 x 8)	2 (2 x 4) 2 (2 x 6) 2 (2 x 8) 2 (2 x 8)	2 (2 x 5) 2 (2 x 6) 2 (2 x 8) -	2 (2 x 5) 2 (2 x 6) 2 (2 x 8) -	2 (2 x 5) 2 (2 x 6) 2 (2 x 8) -	2 (2 x 5) 2 (2 x 8) - -

Ejemplos de aplicación:
Se debe definir el dintel más económico estructurado en Pino radiata con grado mecánico, que permita cubrir un vano de 1,51 m en una pared exterior del primer nivel de la viviendas (de dos pisos), con sistema tradicional de piso y pendiente de techo del 40%. La separación entre los ejes de paredes exteriores es de 8,5 m.

Solución:
Por tratarse de un techo con 40% de inclinación, corresponde atender a las indicaciones de la Tabla 9c. Como la separación entre las paredes es de 8,5 m no se encuentra tabulada, con criterio conservador se elige el valor inmediatamente superior, que en este caso corresponde a la columna 6, es decir, 9,6 m.

Para piezas de grado mecánico C16 no se indica solución aplicable.

Para piezas de grado mecánico C24 la estructuración queda conformada en 2 (2 x 8).

3.3 Techos de cerchas

3.3.1 Generalidades
Esta sección entrega indicaciones relativas al diseño de tipologías estándares de cerchas triangulares clavadas, que permiten cubrir luces variables entre 4,8 m y 12,0 m, con pendientes de techo de 25%, 40% y 60% y sistemas de techo que condicionan pesos no superiores a 0,60 kN/m2. Las soluciones consideran una disposición de cerchas espaciadas cada 1,0 m y se rigen por las especificaciones de la sección 10,9 de la norma de cálculo de construcciones en madera NCh 1198, incorporando algunas conclusiones de la memoria de titulación del Ingeniero Civil de la Universidad de Chile, Walter Fariña, "Comportamiento Estructural de Uniones clavadas de madera con uso de cubrejuntas de materiales derivados de la madera ".

Los diseños incorporan las sobrecargas de servicio establecidas para techos en la Norma NCh 1537, cargas permanentes y sobrecargas de uso para edificios.

Las piezas utilizadas para la construcción de cerchas deben corresponder a los grados mecánicos C16 o C24 en los cordones, según la solución indicada para cada caso en las tablas. Las barras interiores pueden ser en su totalidad del grado C16.

Las uniones y empalmes se ejecutan utilizando cubrejuntas recortadas de tablero contrachapado estructural de 12 mm de espesor, las que se fijan con clavos de 2 1/2" a las piezas de madera. La cantidad de clavos indicada en las tablas para las distintas uniones o empalmes se deben hincar, de a mitades desde ambos lados, respetando rigurosamente las exigencias de espaciamiento mínimo entre clavos y a los bodes de la madera y cubrejuntas en la sección 10.9.10 de la norma NCh 1198.

Las cerchas deben instalarse aplomadas, apoyándose sobre soleras o carreras por medio de herrajes livianos industrializados estándares, como por ejemplo, ángulos H2,5A o H3 de Simpson Strong-Tie. El cordón superior debe apoyarse lateralmente a intervalos no superiores a 45 cm, o bien, estabilizarse continuamente por medio de un sistema de cubierta diafragmático construido con tableros contrachapados o tableros de OSB.

Las piezas constituyentes no deben ser debilitadas por medio de vaciados, recortes o perforaciones que no sean los requeridos por la hinca de clavos.

Las soluciones no son aplicables sobre cerchas dispuestas en recintos que sirven como entretechos accesibles por medio de escalas o que puedan usarse como depósito o almacenaje de objetos.

3.3.2 Tipologías:
Se han considerado dos tipologías de cerchas, respetándose en ambas espaciamientos horizontales entre nudos no superiores a 2,00 m. Lo anterior tiene el propósito de minimizar posibles alabeos de la madera en la estructura.

La tipología A considera la subdivisión de los cordones en un número par de tramos de igual longitud. Se caracteriza por la disposición geométrica de las barras interiores, consistentes de montantes verticales y diagonales ascendentes desde los apoyos hacia la cumbrera. En estas condiciones, ante cargas orientadas predominantemente según la dirección vertical, situación que corresponde a los pesos propios de los materiales constituyentes de las techumbres y a las sobrecargas de servicio, los montantes verticales cortos quedan solicitados por fuerzas de compresión y pueden fijarse por simple contacto contra el cordón inferior. La unión contra el cordón superior exige neutralizar una componente de desplazamiento según la dirección del cordón. Por ser de moderada longitud, se minimizan los riesgos de inestabilidad lateral (pandeo). Las diagonales largas quedan traccionadas, lo que elimina los problemas de inestabilidad, pero obliga a diseñar una cuidadosa fijación de sus extremos.

La tipología B considera la subdivisión del cordón superior en un número par de tramos iguales (incluyendo la cumbrera), a la vez que el cordón inferior se subdivide uniformemente en un número impar de partes inmediatamente inferior. También en este caso se da, aunque en forma menos marcada, el que las barras comprimidas sean las barras de menor longitud, en beneficio de su comportamiento estructural.

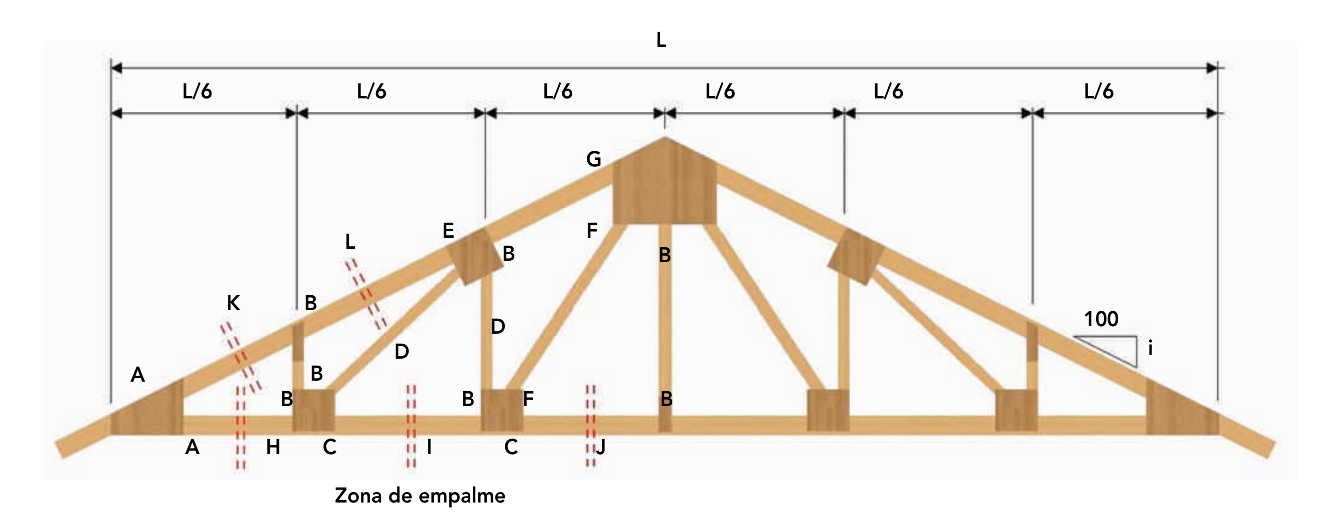
3.3.3 Designación de detalles de uniones y empalmes
En las siguientes figuras se esquematiza la disposición de las piezas y cubrejuntas para cada una de las tipologías de cerchas analizadas. Las cubrejuntas se disponen de a pares en cada una de las uniones y empalmes que se consignan por medio de los detalles típicos. Para cada uno de los detalles, en las tablas siguientes se indica la cantidad de clavos que se deben colocar. Para los empalmes se indican distintas alternativas, lo que facilita el aprovechamiento de las piezas de madera disponible.

En las tablas se indican además las escuadrías de Pino radiata con grado mecánico requeridos para los distintos componentes en función de las piezas utilizadas para los cordones, de la distancia entre los apoyos y de la pendiente del techo.

La dirección de la fibra de la chapa externa del contrachapado de las cubrejuntas debe disponerse paralelamente al eje del cordón inferiores, excepto para las uniones de las barras interiores con el cordón superior donde la dirección de la fibra de la chapa externa se dispone paralela al cordón superior y para la unión de los montantes verticales con los cordones en nudos en que no existe convergencia de las barras diagonales, donde la dirección de la fibra de la chapa externa se dispone paralela al eje del montante.

La cantidad de clavos a colocar en una unión es la suma de los clavos que se indica en las tablas para cada componente. Por ejemplo en la unión G – F – B, los clavos que se instalan en las piezas G – F – B son los que se indican en la tabla, la mitad por cada lado de las piezas.

CERCHA TIPO A-1

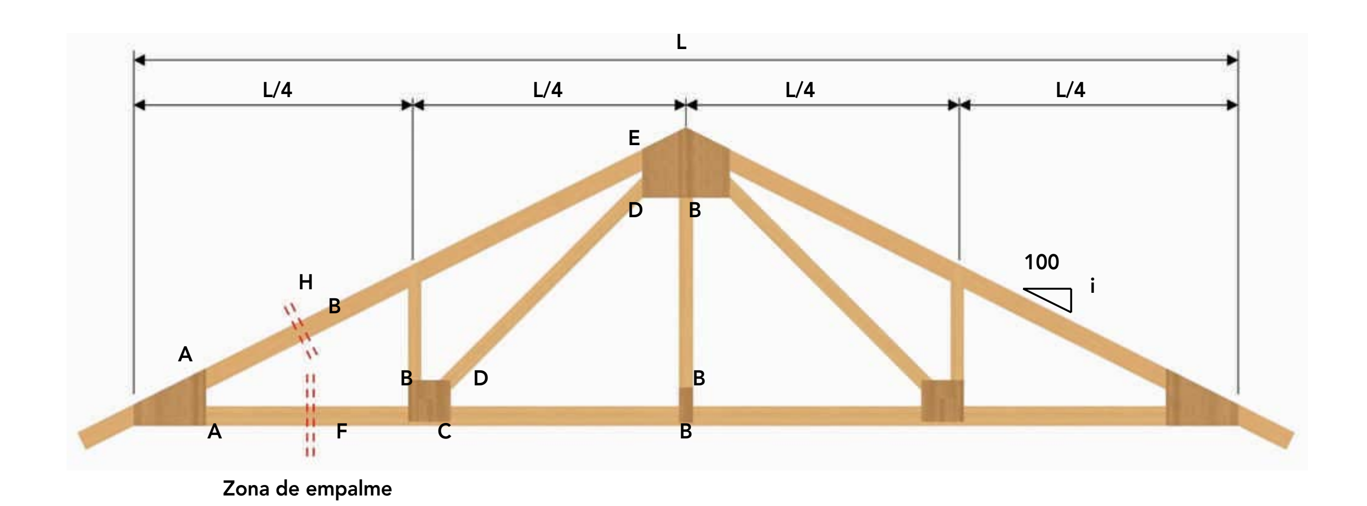


Zona de empalme

CERCHA TIPO A-1: Piezas de Pino radiata estructural grado C16																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
					Cantidad de clavos 2 1/2" en detalle											
LUZ	INCL.	CS	CI	BI	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
m	%	Pulg	Pulg	Pulg	cl	cl	cl	cl	cl	cl	cl	cl	cl	cl	cl	cl
10,8	25 40 60	2 x 6 2 x 5 2 x 5	2 x 6 2 x 4 2 x 4	2 x 3 2 x 3 2 x 3	42 25 16	4 4 4	4 4 4	6 4 4	4 4 4	6 4 4	16 9 9	20 12 9	16 9 6	12 8 6	20 12 9	20 12 9
12,0	25 40 60	2 x 6 2 x 5 2 x 5	2 x 6 2 x 4 2 x 4	2 x 4 2 x 4 2 x 4	42 25 20	4 4 4	6 4 4	6 4 4	6 4 4	6 4 4	18 12 9	22 12 9	18 12 9	15 9 6	22 15 9	22 15 9

CERCHA TIPO A-1: Piezas de Pino radiata estructural grado C24																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
					Cantidad de clavos 2 1/2" en detalle											
LUZ	INCL.	CS	CI	BI	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
m	%	Pulg	Pulg	Pulg	cl	cl	cl	cl	cl	cl	cl	cl	cl	cl	cl	cl
10,8	25 40 60	2 x 5 2 x 4 2 x 4	2 x 4 2 x 4 2 x 3	2 x 3 2 x 3 2 x 3	42 25 16	4 4 4	4 4 4	6 4 4	4 4 4	6 4 4	16 9 9	20 12 9	16 9 6	12 8 6	20 12 9	20 12 9
12,0	25 40 60	2 x 5 2 x 5 2 x 5	2 x 5 2 x 4 2 x 4	2 x 4 2 x 4 2 x 4	42 25 20	4 4 4	6 4 4	6 4 4	6 4 4	6 4 4	18 12 9	22 12 9	18 12 9	15 9 6	22 15 9	22 15 9

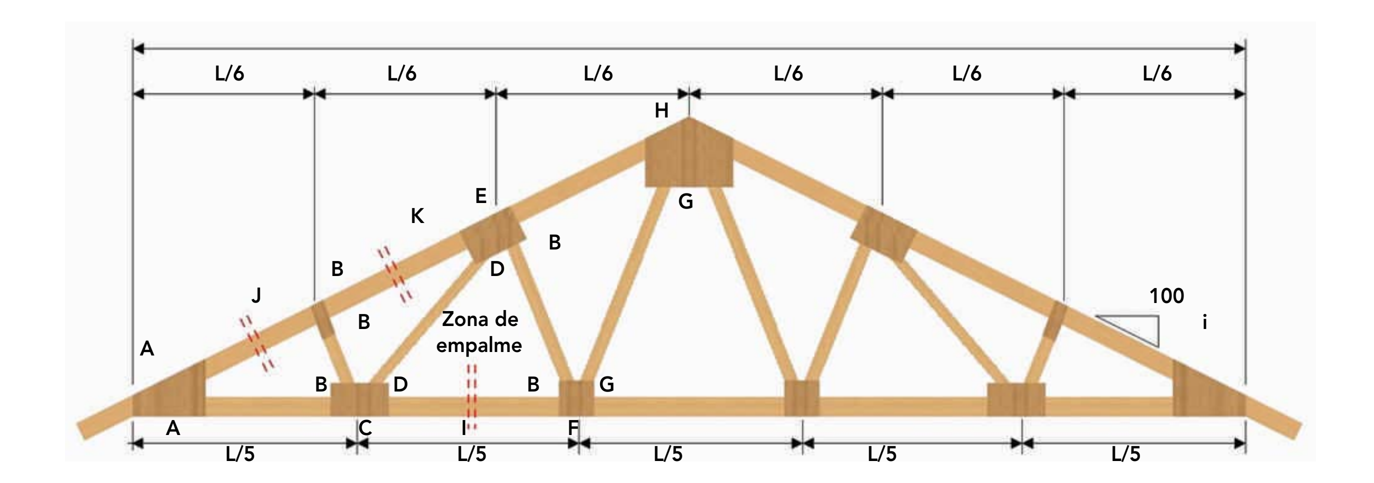
CERCHA TIPO A-2



CERCHA TIPO A-2: Piezas de Pino radiata estructural grado C16												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
					Cantidad de clavos 2 1/2" en detalle							
LUZ	INCL.	CS	CI	BI	A	B	C	D	E	F	G	H
m	%	Pulg	Pulg	Pulg	cl	cl	cl	cl	cl	cl	cl	cl
6,0	25	2 x 4	2 x 4	2 x 3	20	4	4	4	9	9	6	12
	40	2 x 4	2 x 3	2 x 3	12	4	4	4	6	6	4	6
	60	2 x 4	2 x 3	2 x 3	9	4	4	4	4	4	4	4
7,2	25	2 x 5	2 x 4	2 x 3	24	4	4	4	12	12	9	12
	40	2 x 4	2 x 4	2 x 3	16	4	4	4	9	6	4	9
	60	2 x 4	2 x 3	2 x 3	12	4	4	4	6	6	4	6

CERCHA TIPO A-2: Piezas de Pino radiata estructural grado C24												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
					Cantidad de clavos 2 1/2" en detalle							
LUZ	INCL.	CS	CI	BI	A	B	C	D	E	F	G	H
m	%	Pulg	Pulg	Pulg	cl	cl	cl	cl	cl	cl	cl	cl
6,0	25	2 x 4	2 x 3	2 x 3	20	4	4	4	9	9	6	12
	40	2 x 3	2 x 3	2 x 3	12	4	4	4	6	6	4	6
	60	2 x 3	2 x 3	2 x 3	9	4	4	4	4	4	4	4
7,2	25	2 x 4	2 x 4	2 x 3	24	4	4	4	12	12	9	12
	40	2 x 4	2 x 3	2 x 3	16	4	4	4	9	6	4	9
	60	2 x 4	2 x 3	2 x 3	12	4	4	4	6	6	4	6

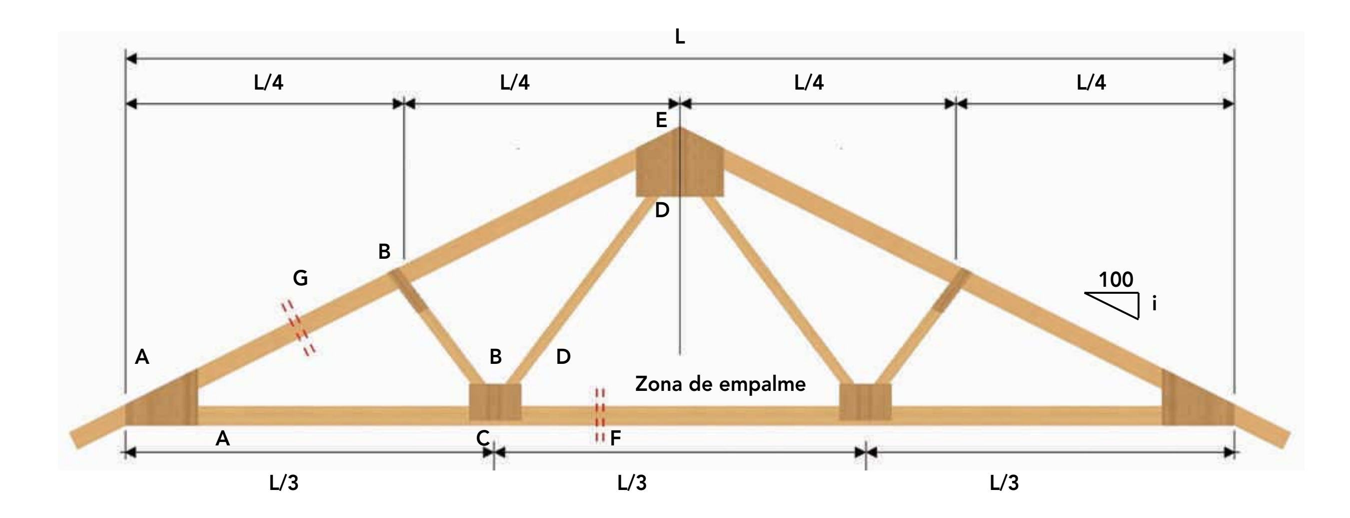
CERCHA TIPO B-1



CERCHA TIPO B-1: Piezas de Pino radiata estructural grado C16															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
					Cantidad de clavos 2 1/2” en detalle										
LUZ	INCL.	CS	CI	BI	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
m	%	Pulg	Pulg	Pulg	cl	cl	cl	cl	cl	cl	cl	cl	cl	cl	cl
8,4	25	2 x 5	2 x 4	2 x 3	30	4	4	6	4	6	4	12	12	15	15
	40	2 x 4	2 x 4	2 x 3	20	4	4	4	4	4	4	6	8	9	9
	60	2 x 4	2 x 4	2 x 3	16	4	4	4	4	4	4	6	6	9	6
9,6	25	2 x 5	2 x 5	2 x 3	36	4	6	6	6	6	4	12	16	20	16
	40	2 x 4	2 x 4	2 x 3	20	4	4	4	4	4	4	9	9	12	9
	60	2 x 4	2 x 4	2 x 3	16	4	4	4	4	4	4	6	6	9	9

CERCHA TIPO B-1: Piezas de Pino radiata estructural grado C24															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
					Cantidad de clavos 2 1/2” en detalle										
LUZ	INCL.	CS	CI	BI	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
m	%	Pulg	Pulg	Pulg	cl	cl	cl	cl	cl	cl	cl	cl	cl	cl	cl
8,4	25	2 x 4	2 x 3	2 x 3	30	4	4	6	4	6	4	12	12	15	15
	40	2 x 3	2 x 3	2 x 3	20	4	4	4	4	4	4	6	8	9	9
	60	2 x 3	2 x 3	2 x 3	16	4	4	4	4	4	4	6	6	9	6
9,6	25	2 x 4	2 x 4	2 x 3	36	4	6	6	6	6	4	12	16	20	16
	40	2 x 4	2 x 4	2 x 3	20	4	4	4	4	4	4	9	9	12	9
	60	2 x 4	2 x 4	2 x 3	16	4	4	4	4	4	4	6	6	9	9

CERCHA TIPO B-2



CERCHA TIPO B-2: Piezas de Pino radiata estructural grado C16										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
					Cantidad de clavos 2 1/2" en detalle					
LUZ	INCL.	CS	CI	BI	A	B	C	D	E	F
m	%	Pulg	Pulg	Pulg	cl	cl	cl	cl	cl	cl
4,8	25 40 60	2 x 4 2 x 4 2 x 4	2 x 4 2 x 4 2 x 4	2 x 3 2 x 3 2 x 3	16 9 6	4 4 4	4 4 4	6 4 4	6 4 4	9 6 4
6,00	25 40 60	2 x 4 2 x 4 2 x 4	2 x 4 2 x 4 2 x 4	2 x 3 2 x 3 2 x 3	18 12 9	4 4 4	4 4 4	8 6 4	6 4 4	9 6 4

CERCHA TIPO B-2: Piezas de Pino radiata estructural grado C24										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
					Cantidad de clavos 2 1/2" en detalle					
LUZ	INCL.	CS	CI	BI	A	B	C	D	E	F
m	%	Pulg	Pulg	Pulg	cl	cl	cl	cl	cl	cl
4,8	25 40 60	2 x 3 2 x 3 2 x 3	2 x 3 2 x 3 2 x 3	2 x 3 2 x 3 2 x 3	16 9 6	4 4 4	4 4 4	6 4 4	6 4 4	9 6 4
6,00	25 40 60	2 x 4 2 x 4 2 x 4	2 x 4 2 x 4 2 x 4	2 x 3 2 x 3 2 x 3	18 12 9	4 4 4	4 4 4	8 6 4	6 4 4	9 6 4

Ejemplo de aplicación:

1.- Una cercha de tipología A dispuesta cada 1 m debe ser diseñada para cubrir una luz de 8,60 m con una pendiente de 40%. Determine la escuadría y el grado mecánico de las piezas a utilizar y la cantidad de clavos en cada nudo o encuentro.

Solución:

Para diseñar una cercha de tipología A, debe considerarse las siguientes escuadrías de piezas y cantidad de clavos en cada nudo, a partir del cuadro para tipología A-1: Se elige una luz de 10,8 m.

Grado Estructural C16

Escuadría de los componentes:		
CS: 2 x 5		
CI: 2 x 4		
BI: 2 x 3		
N° de clavos por tipo de nudo (por cara):		
A-A	:	25 (5/5)
B-B-C	:	4 + 4 + 4
B-B	:	4 + 4
B-C-F	:	4 + 4 + 4
D-D-E-B	:	4 + 4 + 4 + 4
B-C-F	:	4 + 4 + 4
G-F-B -F-G		9 + 4 + 4 + 4 + 9
Empalme I	:	9
Empalme L	:	12

Grado Estructural C24

Escuadría de los componentes:		
CS: 2 x 4		
CI: 2 x 3		
BI: 2 x 3		
N° de clavos por tipo de nudo (por cara):		
A-A	:	25 (5/5)
B-B-C	:	4 + 4 + 4
B-B	:	4 + 4
B-C-F	:	4 + 4 + 4
D-D-E-B	:	4 + 4 + 4 + 4
B-C-F	:	4 + 4 + 4
G-F-B -F-G		9 + 4 + 4 + 4 + 9
Empalme I	:	9
Empalme L	:	12

2.- Dimensione las escuadrías y cantidad de clavos requeridos para solucionar una estructura de techumbre por medio cerchas de tipología B dispuestas cada 1 m, cuya luz es de 7,8 m y la pendiente corresponde a un 60%.

Solución:

Dada una luz de 7,8 m, la cercha corresponde al tipo B-1, puede ser resuelta según el siguiente detalle:

Grado Mecánico C16

Escuadría de los componentes		
CS: 2 x 4		
CI: 2 x 4		
BI: 2 x 3		
N° de clavos por tipo de nudo (por cara):		
A-A	:	16 (4/4)
B-C-D	:	4 + 4 + 4
B-B	:	4 + 4
B-F-G	:	4 + 4 + 4
D-E-B	:	4 + 4 + 4
H-G-G-F	:	4 + 4 + 4 + 4
Empalme I	:	6
Empalme K	:	6

Grado Mecánico C24

Escuadría de los componentes:		
CS:	2 x 3	
CI:	2 x 3	
BI:	2 x 3	
N° de clavos por tipo de nudo (por cara):		
A-A	:	16 (4/4)
B-C-D	:	4 + 4 + 4
B-B	:	4 + 4
B-F-G	:	4 + 4 + 4
D-E-B	:	4 + 4 + 4
H-G-G-F	:	4 + 4 + 4 + 4
Empalme I	:	6
Empalme K	:	6

Anexo VI



FUNDACIÓN CONTINUA





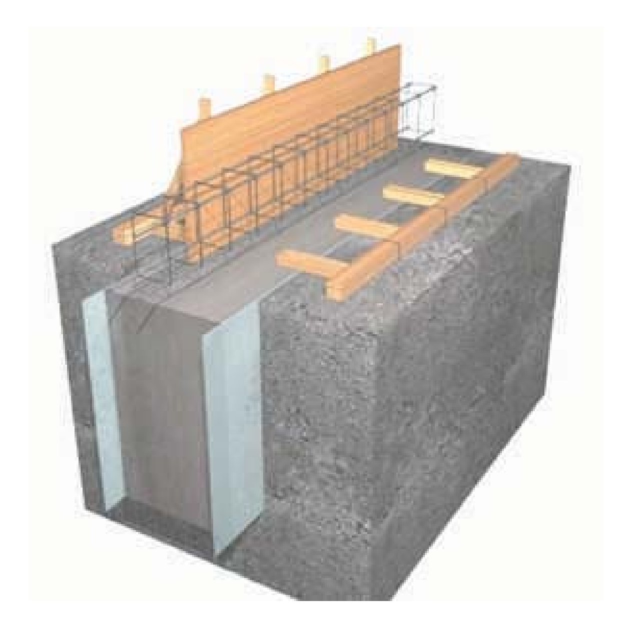
Excavación del cimiento, ancho y profundidad según cálculo, membrana de polietileno de 0,5 mm como barrera de humedad.



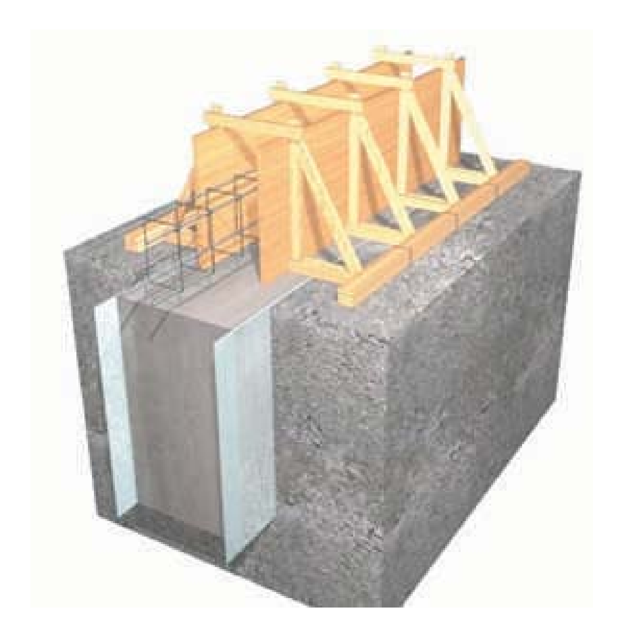


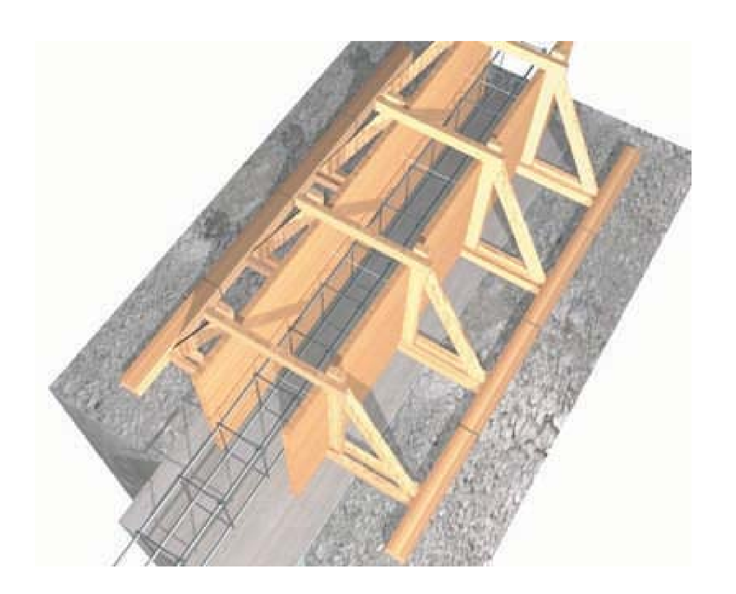
Hormigón de cimiento con bolón desplazador (20 a 30 %) y dosificación según cálculo, superficie rugosa para una buena adherencia con el hormigón del sobrecimiento.





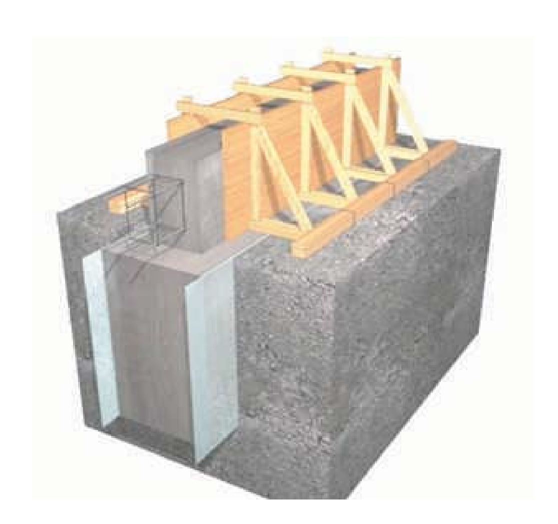
Sobrecimiento armado, si lo define el cálculo. Cadena de fundación de sección de 20 x 30 cm, 4 fierros estriados de diámetro de 10 mm, estribos de diámetro de 6 mm cada 20 cm en este caso.





El encofrado de madera debe asegurar la geometría y permitir que no haya deformaciones en la compactación del hormigón.





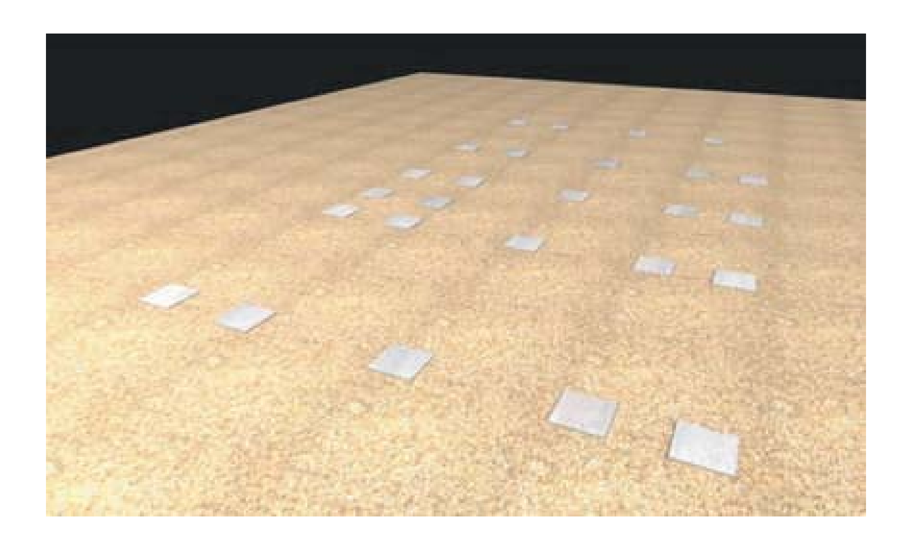
Fijación de armadura del sobrecimiento, dimensiones y calidad de hormigón según cálculo.



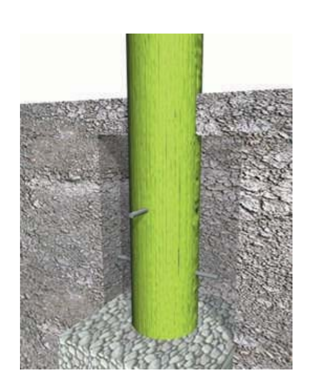


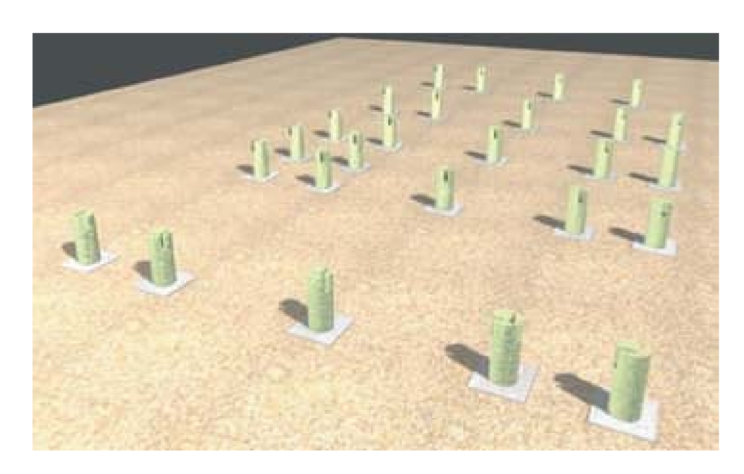
Sobrecimiento armado según cálculo, con cimiento protegido de la humedad directa del suelo.

FUNDACIÓN AISLADA CON PILOTES DE MADERA
CON PINO RADIATA IMPREGNADO



Corte del terreno a nivel de los emplantillados de los cimientos donde se ubicarán los pilotes de fundación.

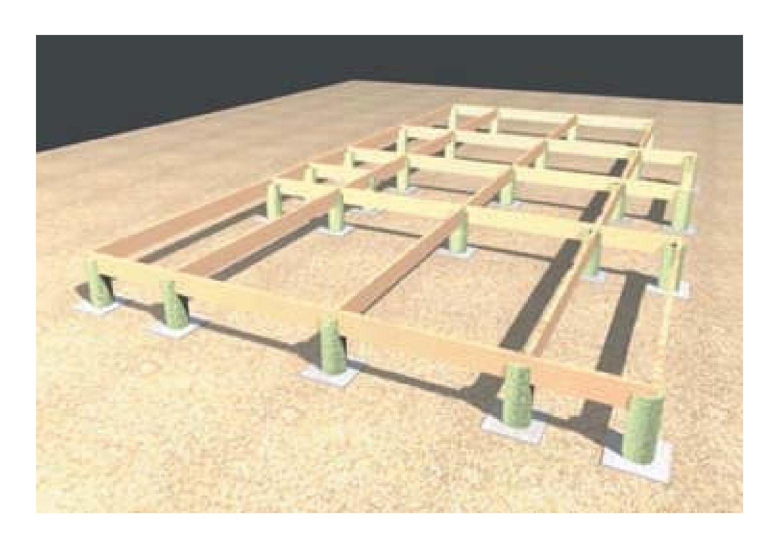




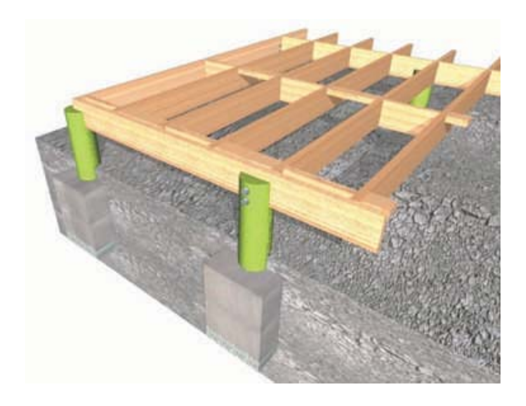
Disposición de los cimientos y pilotes de fundación de acuerdo a plano de cálculo y especificaciones técnicas.



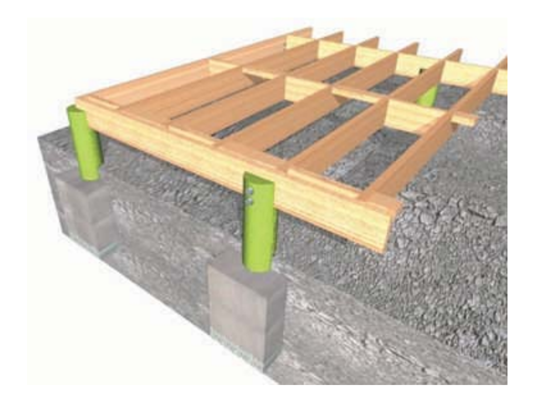
PLATAFORMA DE MADERA
SOBRE FUNDACIÓN AISLADA



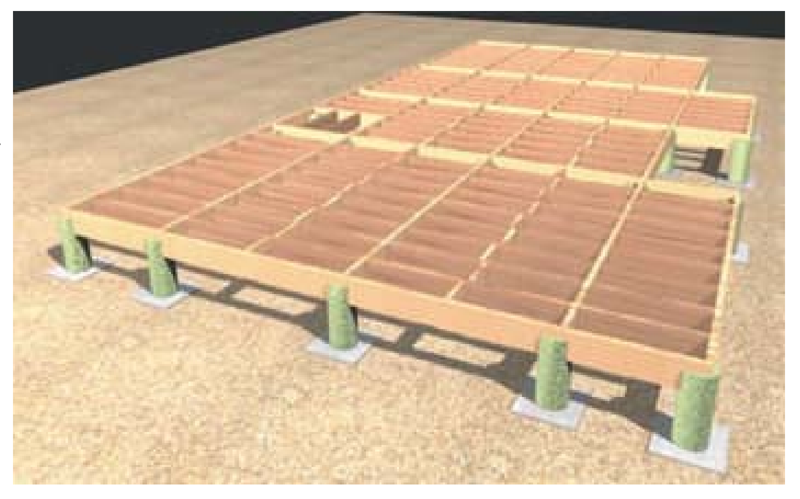
Vista de las vigas principales o maestras.



Vista de las vigas secundarias.

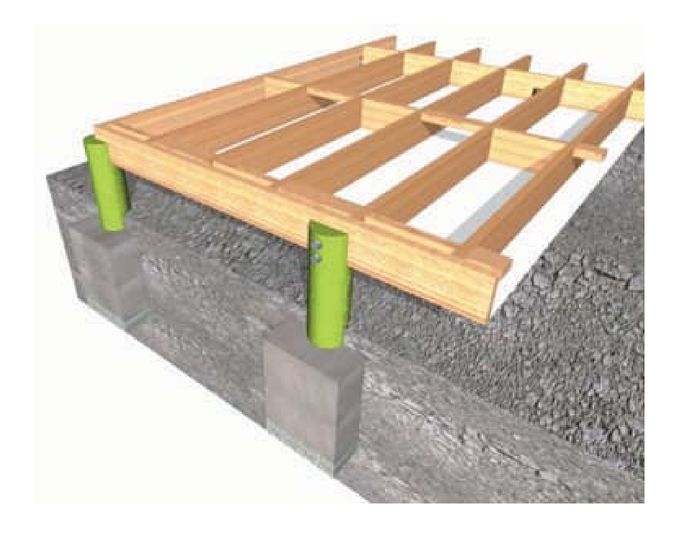


Disposición de cadenetas estructurales y de apoyo a tableros.

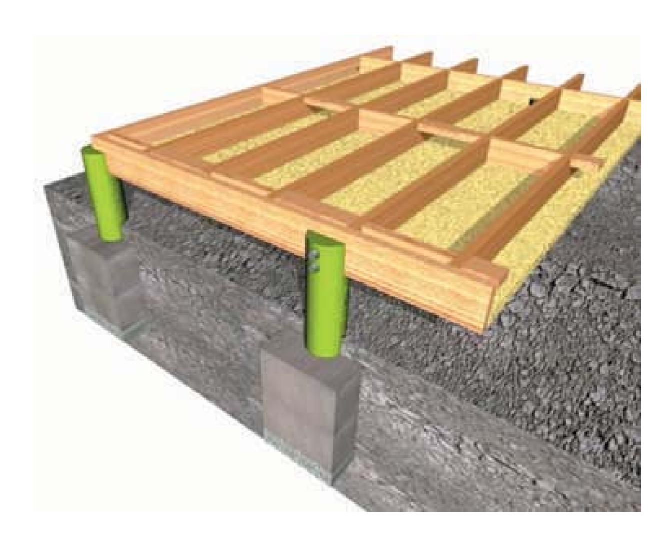


Estructura de plataforma en condiciones para la instalación de tableros arriostrantes.

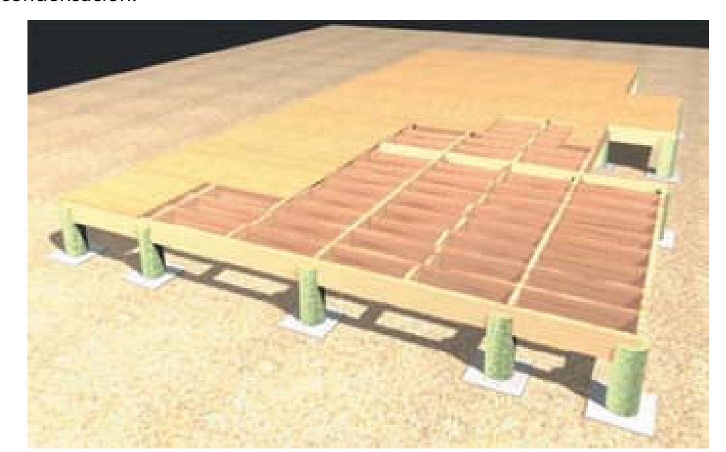
PLATAFORMA DE MADERA PRIMER PISO,
AISLACIÓN TÉRMICA



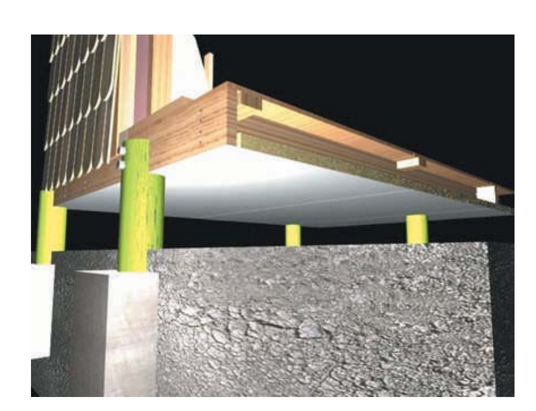
La aislación térmica de la plataforma debe ser instalada de manera de evitar los puentes térmicos, como igualmente asegurar la ventilación que se requiere para evitar la humedad por condensación.



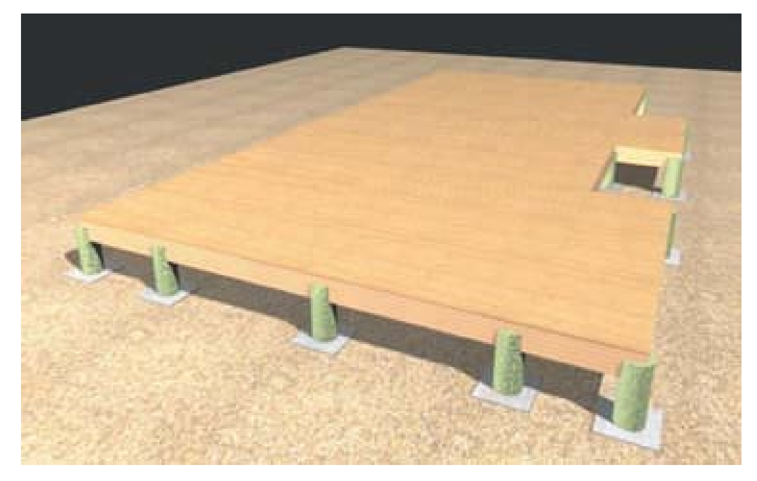
Placa contenedora de la aíslación térmica.



Disposición trabada de tableros contrachapados.



Vista de la plataforma términada.

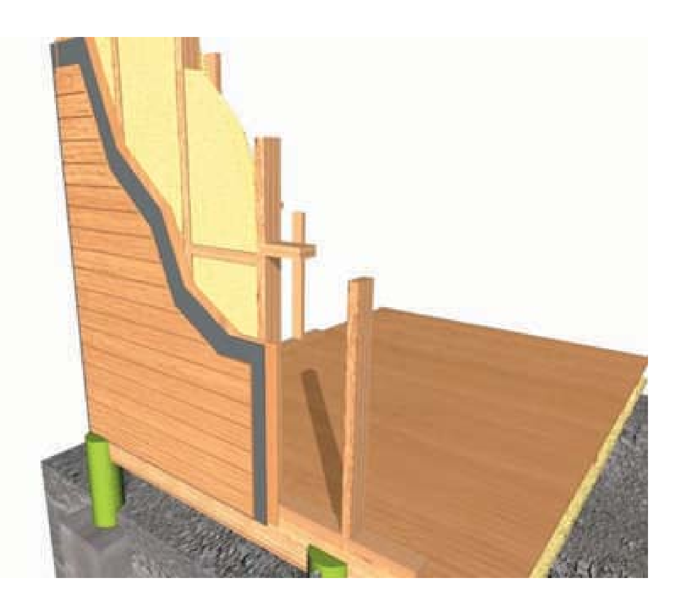


Plataforma en condiciones para dar inicio a la instalación de los tabiques perimetrales.

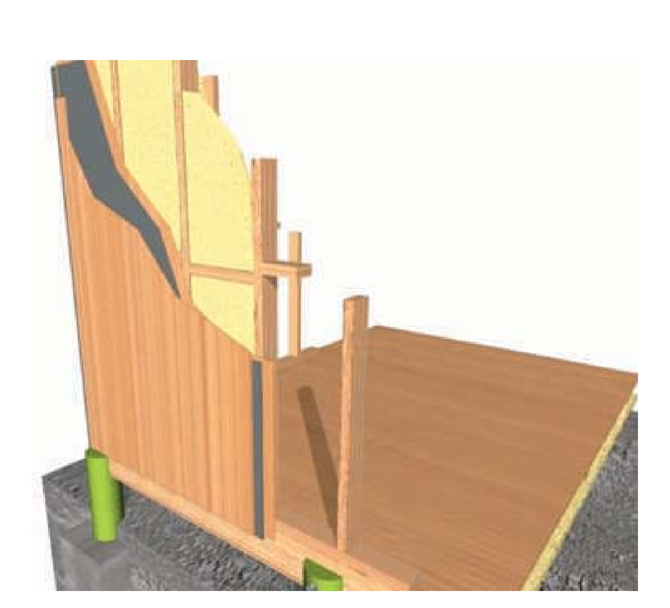
INSTALACIÓN DE TABIQUES PERIMETRALES,
DIFERENTES SOLUCIONES DE REVESTIMIENTOS DE LA ENVOLVENTE



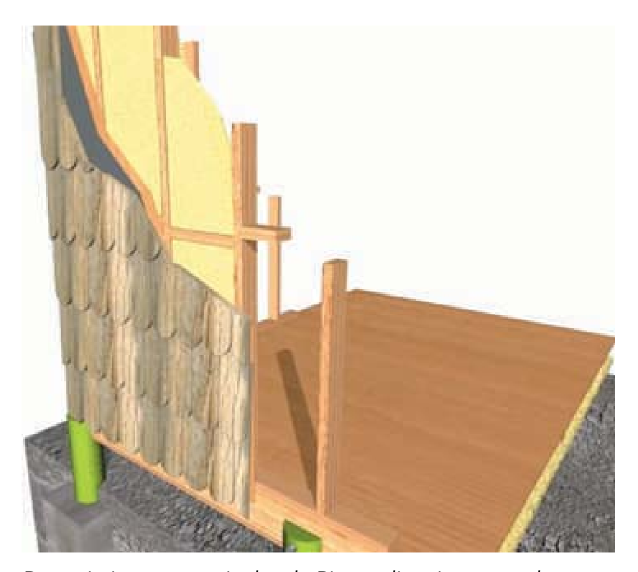




Revestimiento con molduras dispuestas e forma horizontal.



Revestimiento con molduras dispuestas en forma vertical.

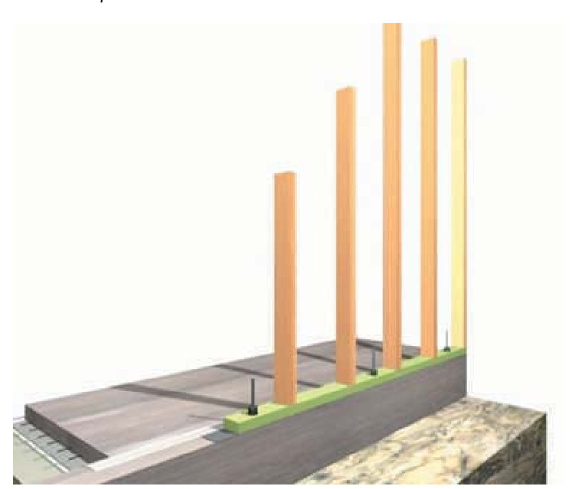


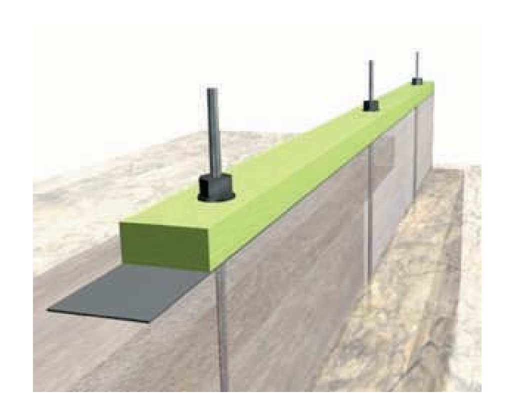
Revestimiento con tejuelas de Pino radiata impregnada.

ANCLAJE SOLERA INFERIOR A PLATAFORMA DE HORMIGON
ESTRUCTURA DEL TABIQUE PERIMETRAL



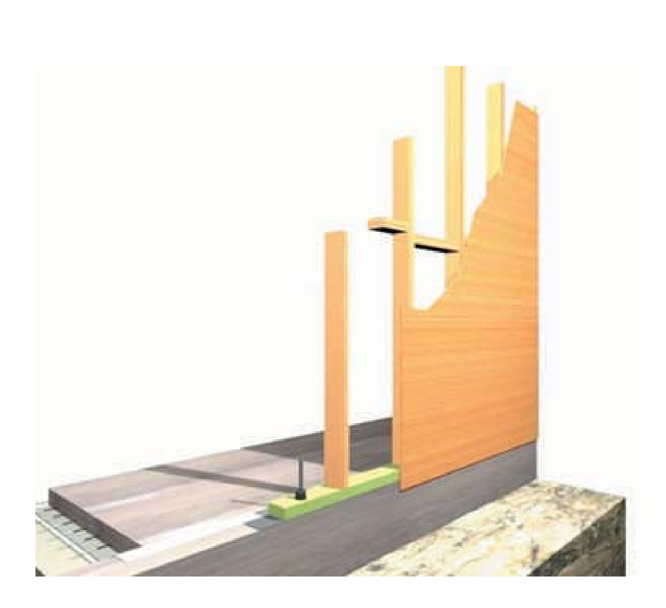
Solera impregnada con sales de C.C.A. y colocada sobre una cinta de fieltro alquitranado.



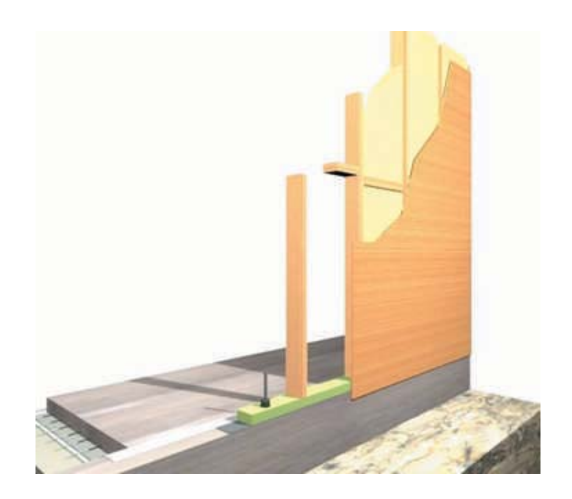


Solución del anclaje inferior del tabique a la fundación contínua, mediante espárragos con hilo y tuerca según cálculo.



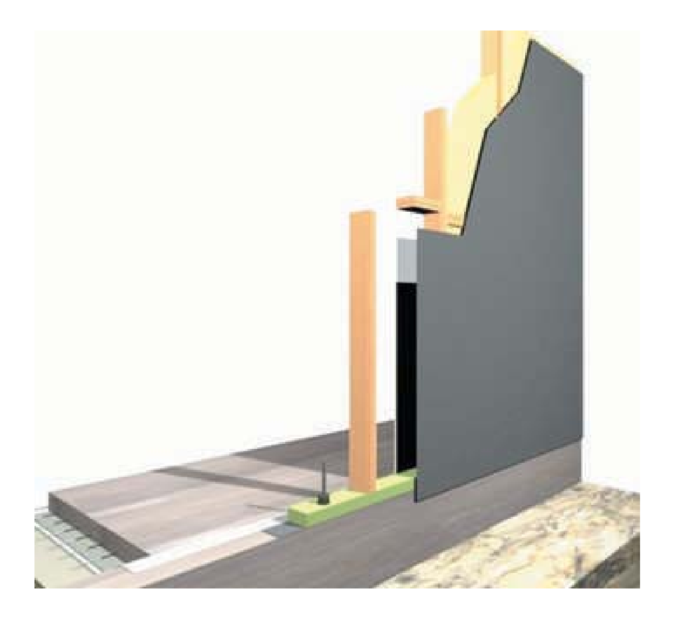


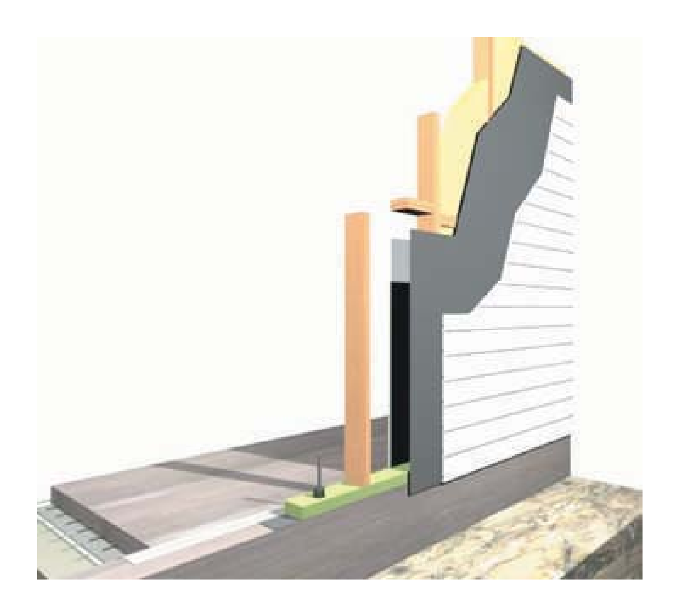
Tabique conformado por pie derecho de 2 x 4, dispuestos cada 400 mm, cadeneta corta fuego, arriostramiento con placa estructural terciado fenólico y aislación térmica.



DIFERENTES SOLUCIONES DE REVESTIMIENTOS PARA ENVOLVENTES DE TABIQUES PERIMETRALES

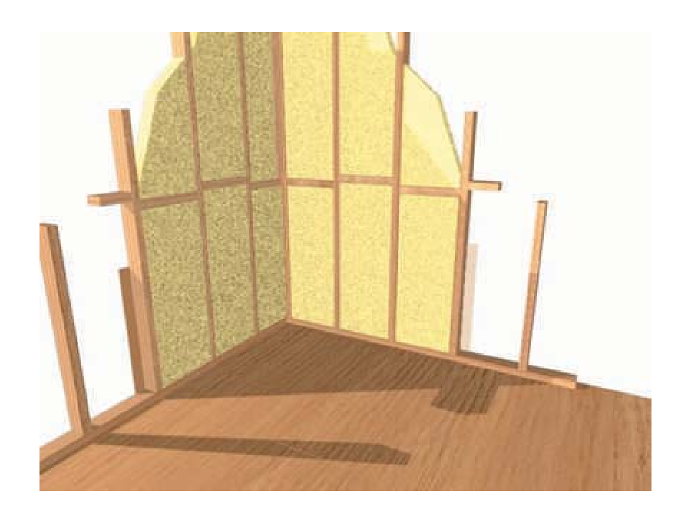




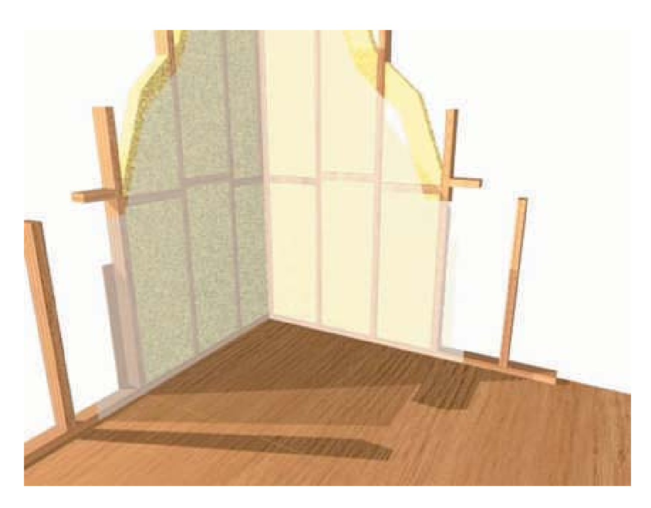




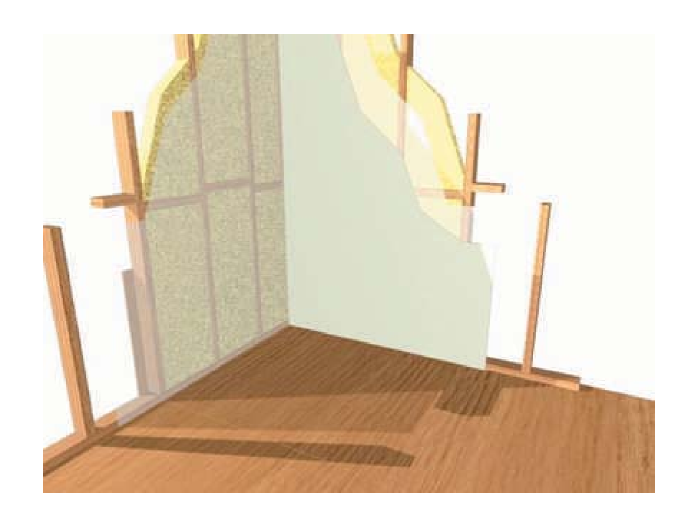
SOLUCIÓN TIPO PARA PARAMENTOS
PERIMETRALES INTERIORES

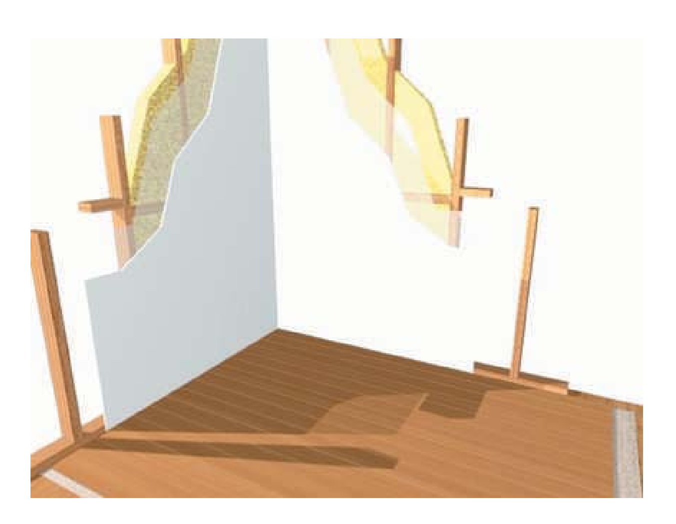


La aislación térmica entre los pie derecho, según cálculo debe quedar ajustada, evitando posibles puentes térmicos. La barrera de humedad de polietileno de e min = 0.2mm debe ser colocada con los traslapes y cuidando que permita asegurar el sellado contra el vapor generado en el interior.



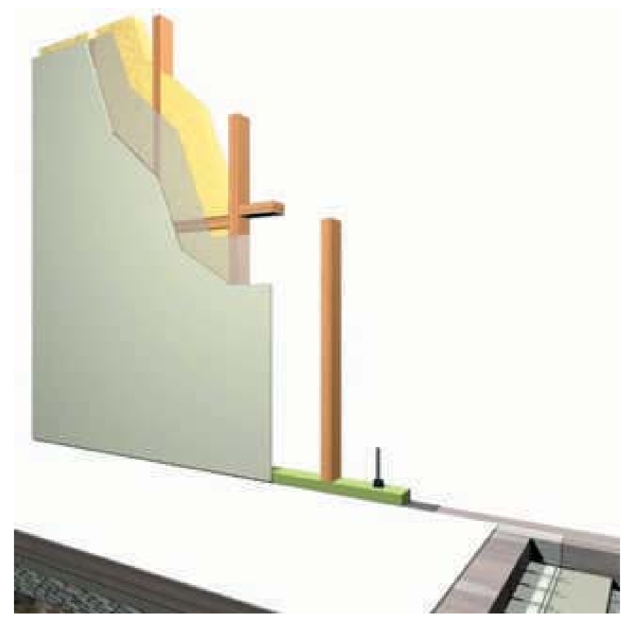
Fijación de la barrera de vapor mediante corchetes a los pie derecho. Unión entre film de polietileno y aberturas por interruptores mediante sellos de siliconas según específicaciones.



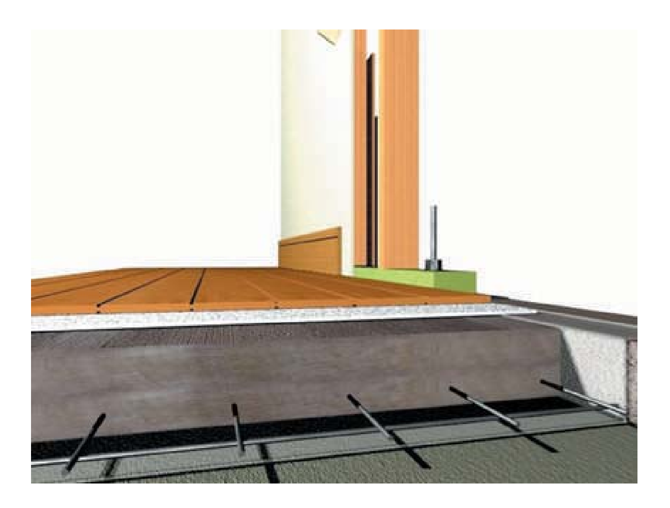


La solución de revestimiento interior puede ser placas de yeso, molduras o placas de madera que se instalan sobre la barrera de humedad.

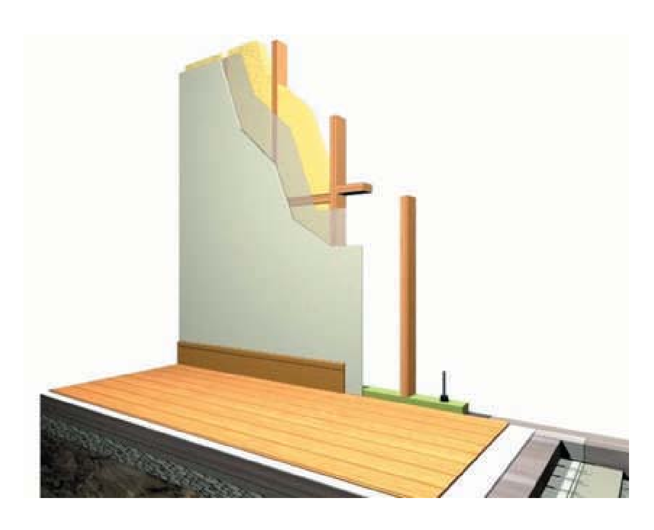
SOLUCIÓN DE PISO SOBRE
PLATAFORMA DE DE HORMIGÓN











SECUENCIA DE PLATAFORMA DE MADERA DE ENTREPISO



SOLUCION DE ESTRUCTURA DE TECHUMBRE,
CERCHA HABITABLE PROTOTIPO









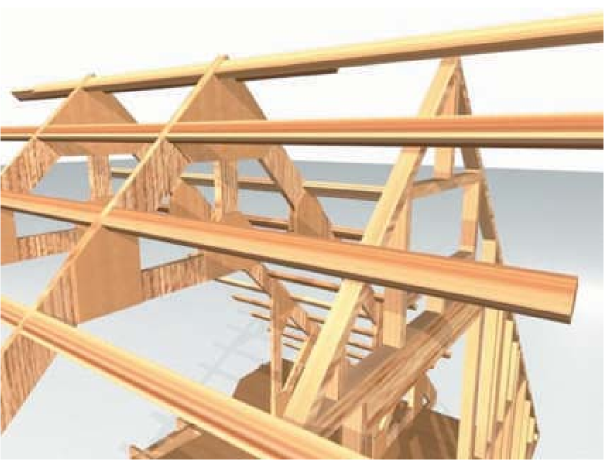
SOLUCION DE ESTRUCTURA DE TECHUMBRE
CERCHA HABITABLE Y FRONTÓN DEL PROTOTIPO





SOLUCIÓN DE ESTRUCTURA DE TECHUMBRE
ALERO SOBRE FRONTÓN DEL PROTOTIPO









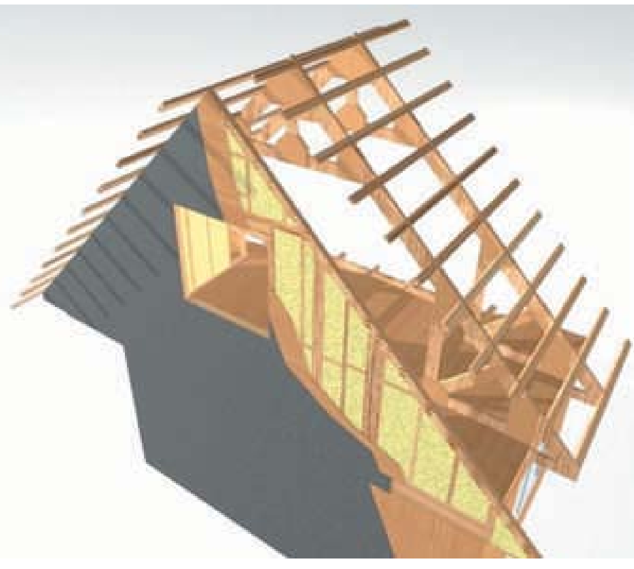
SOLUCIÓN TIPO DEL REVESTIMIENTO DEL FRONTÓN

AISLACIÓN TÉRMICA Y BARRERA DE HUMEDAD DEL PROTOTIPO

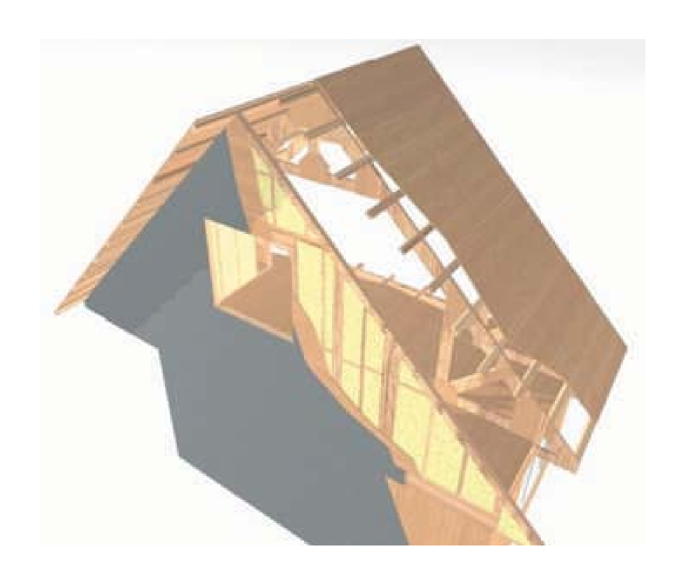


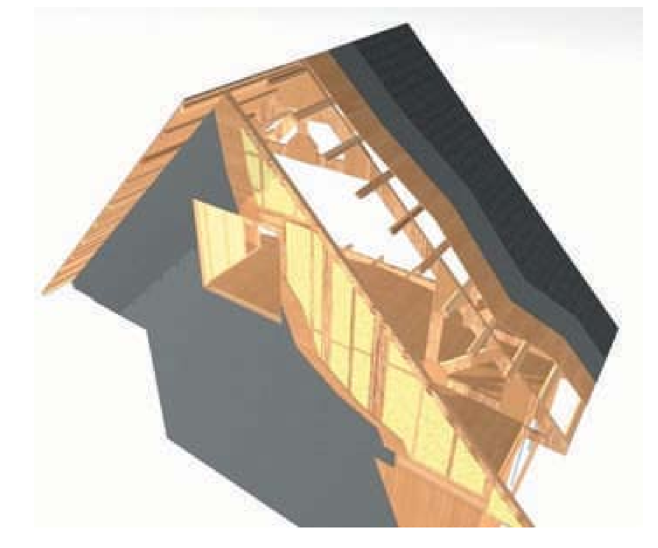


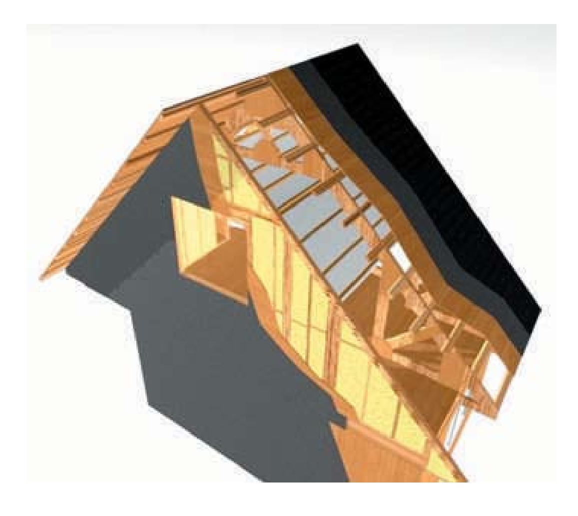


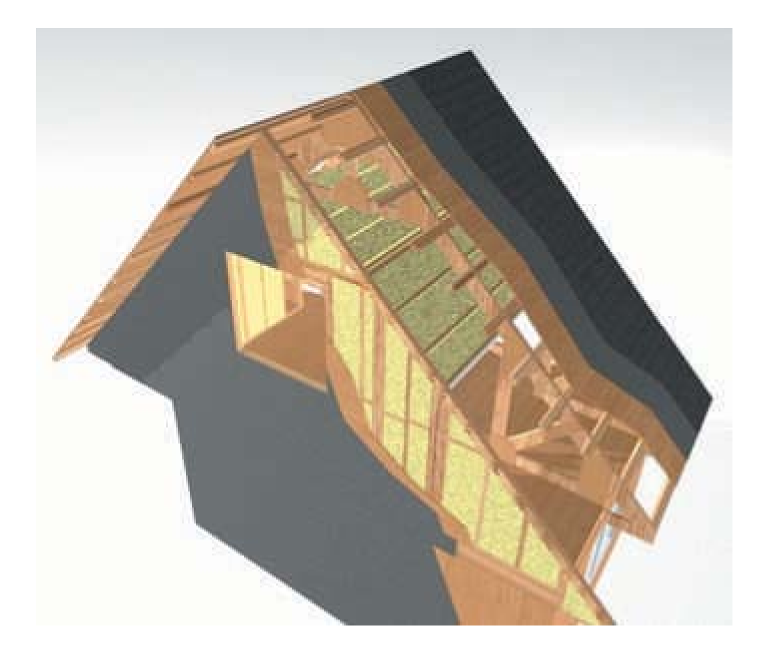


SOLUCIÓN TIPO DE LA CUBIERTA DE TECHUMBRE
BARRERAS DE HUMEDAD Y AISLACIÓN TÉRMICA





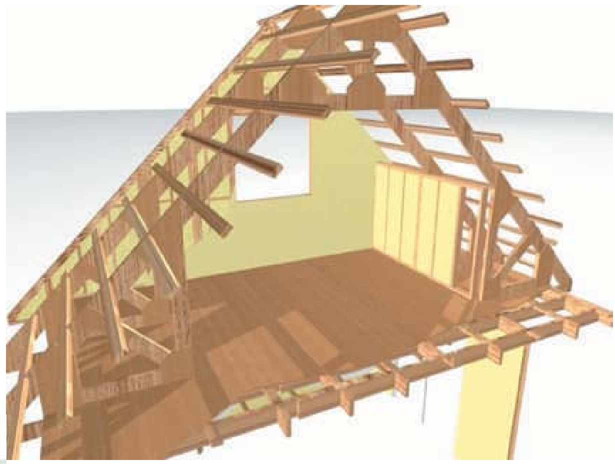


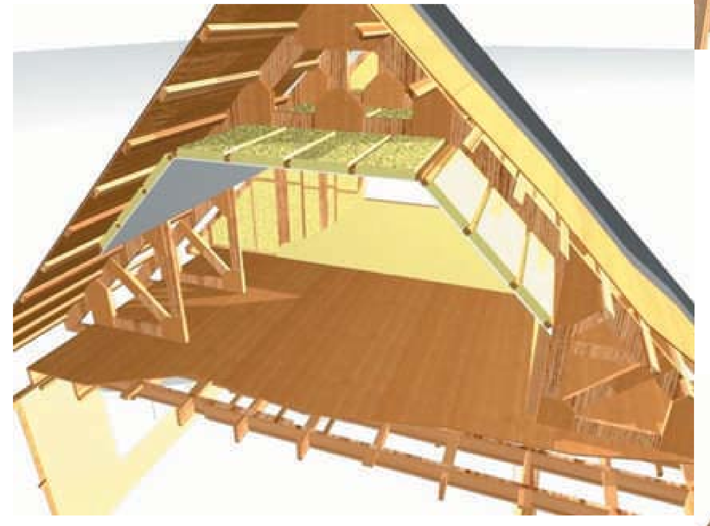


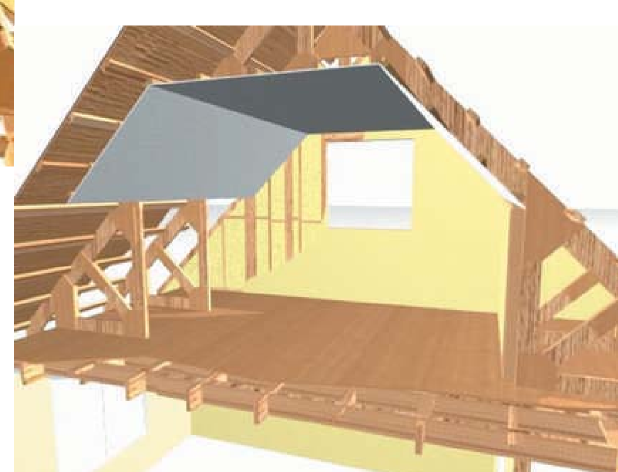


ESTRUCTURA DEL INTERIOR DEL SEGUNDO NIVEL CIELO RASO Y AISLACIÓN TÉRMICA DEL PROTOTIPO



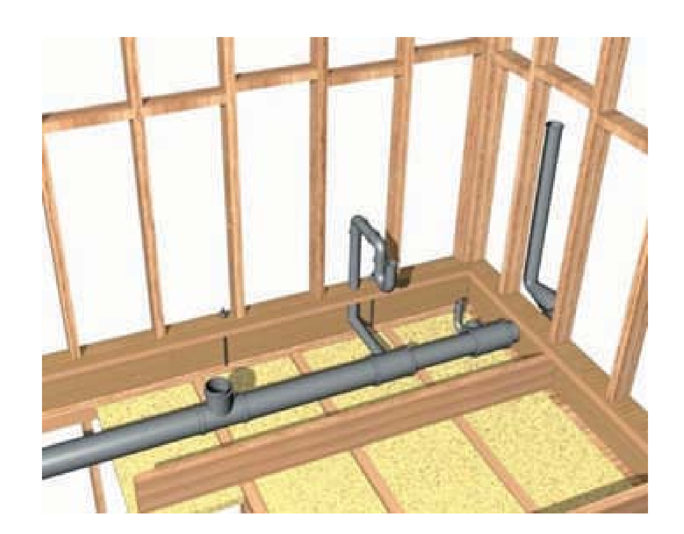


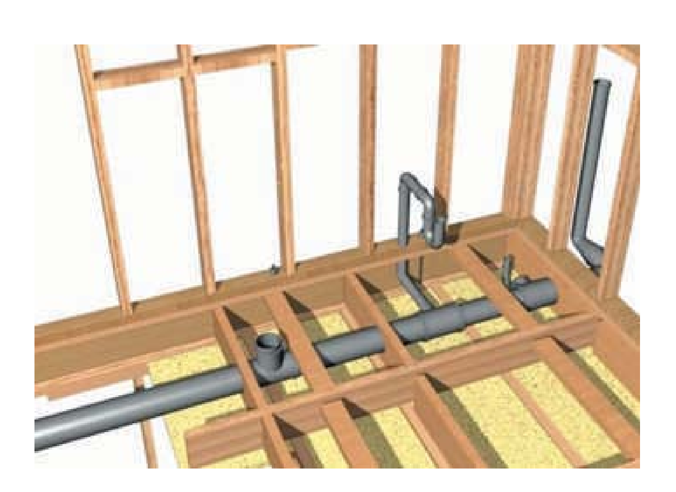




INSTALACIÓN DE DUCTOS DE
ALCANTARILLADO EN ENTREPISO.









INSTALACIÓN DE CAÑERÍAS DE AGUA POTABLE, EN MUROS.

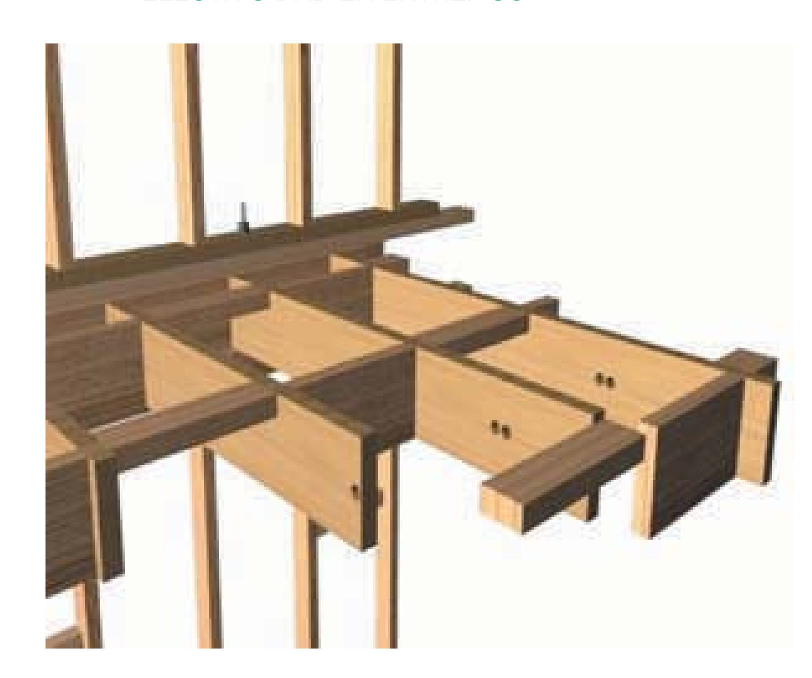








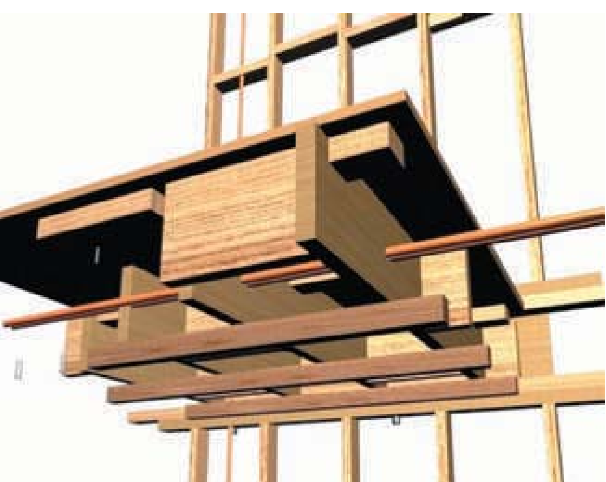
INSTALACIÓN DE DUCTOS DE
ELECTRICIDAD EN ENTREPISO.



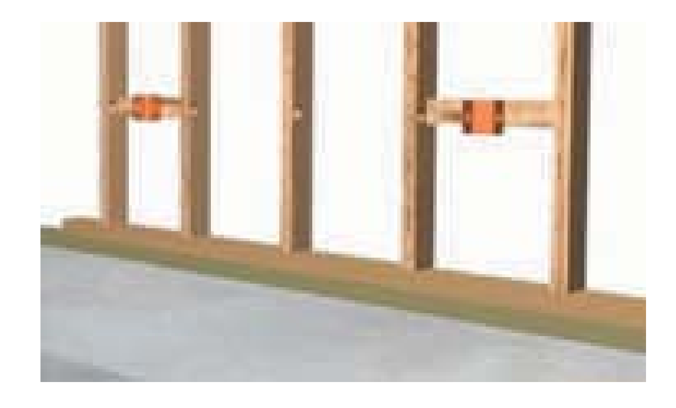


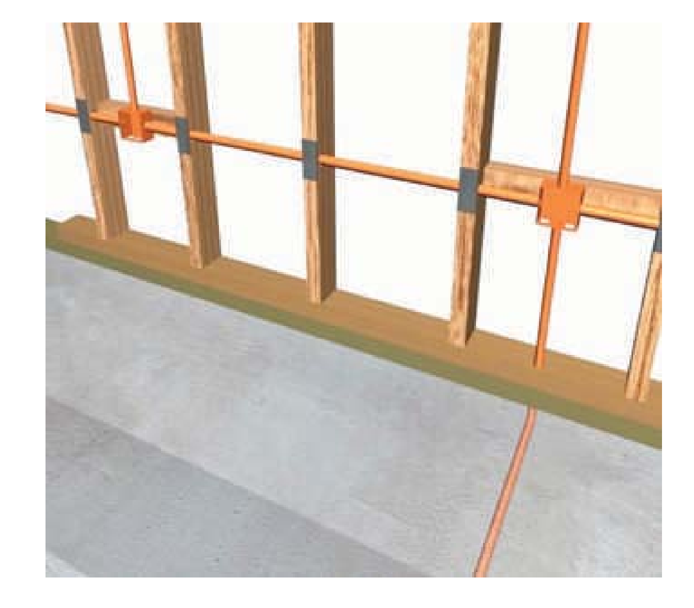






INSTALACIÓN DE DUCTOS DE
ELECTRICIDAD EN MUROS











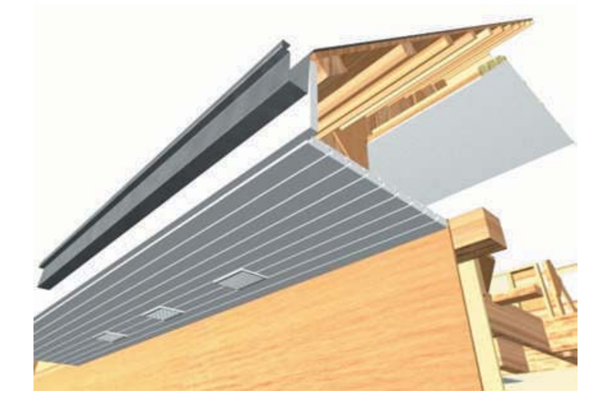
DETALLE DE ALERO Y TAPACÁN,
VENTILACIÓN ENTRETECHO DEL PROTOTIPO



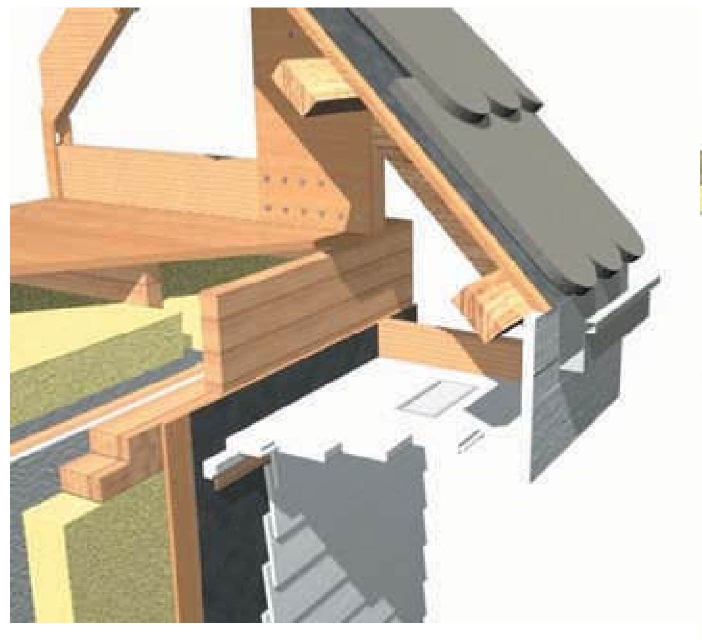


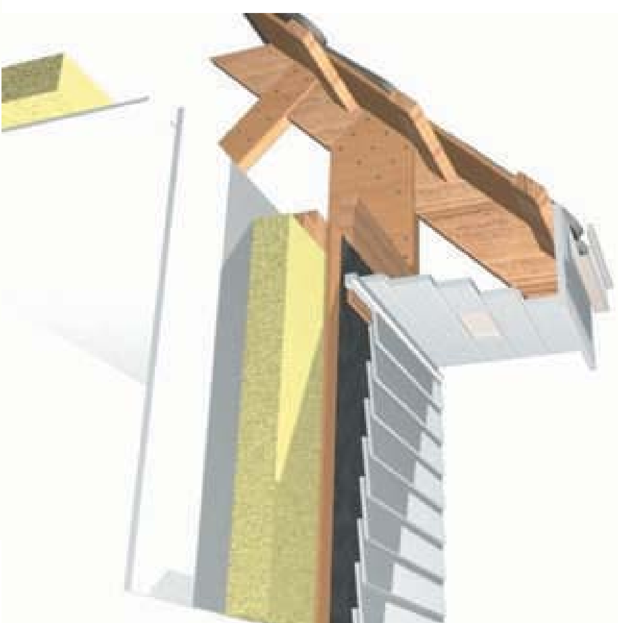


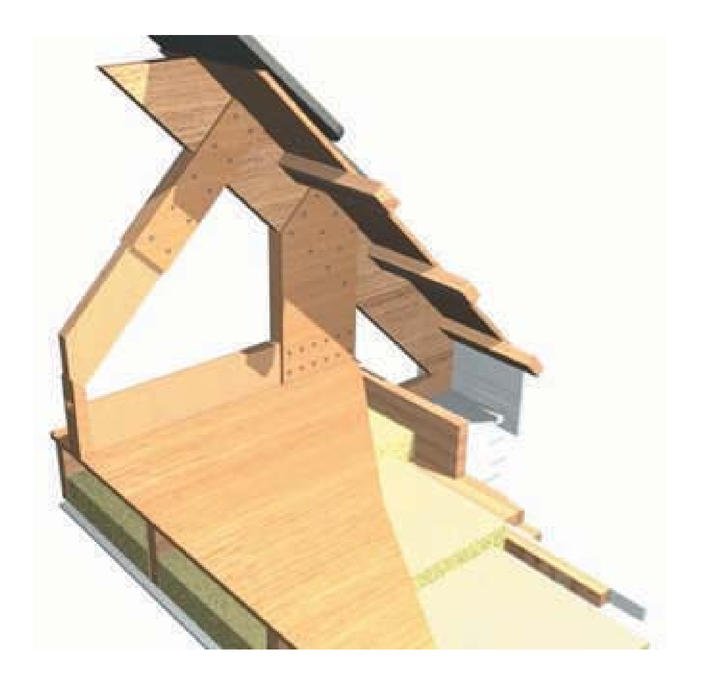




DETALLES DE ALERO Y TAPACÁN DEL PROTOTIPO









CORTES LONGITUDINAL TRANSVERSAL Y ESPECIALES DEL PROTOTIPO



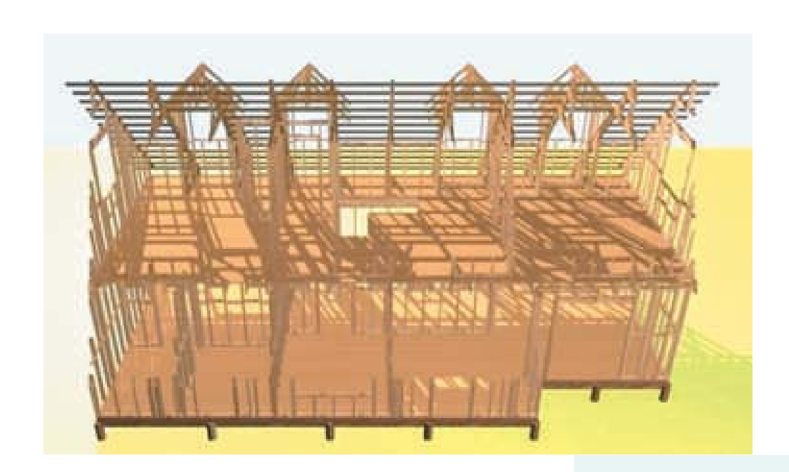
CORTES LONGITUDINAL Y ESPECIALES DEL PROTOTIPO

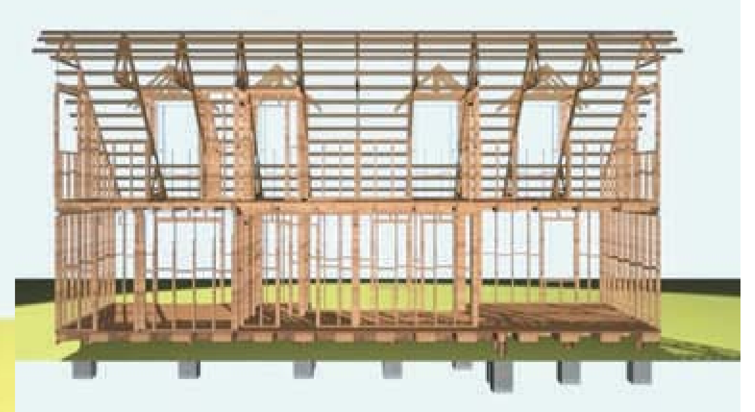


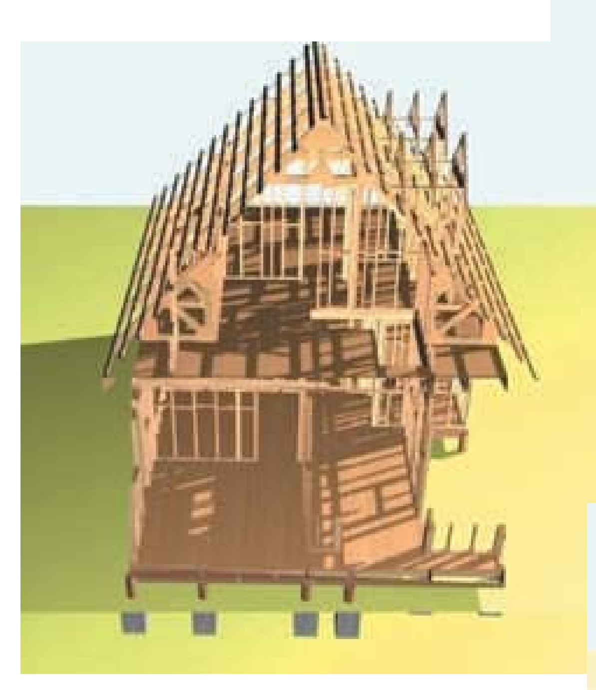


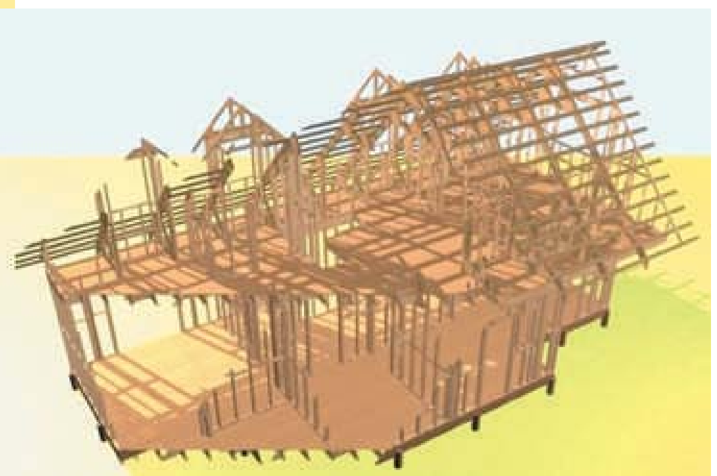


VISTAS DE CORTES ESPECIALES DE LA ESTRUCTURA DE OBRA GRUESA DEL PROTOTIPO



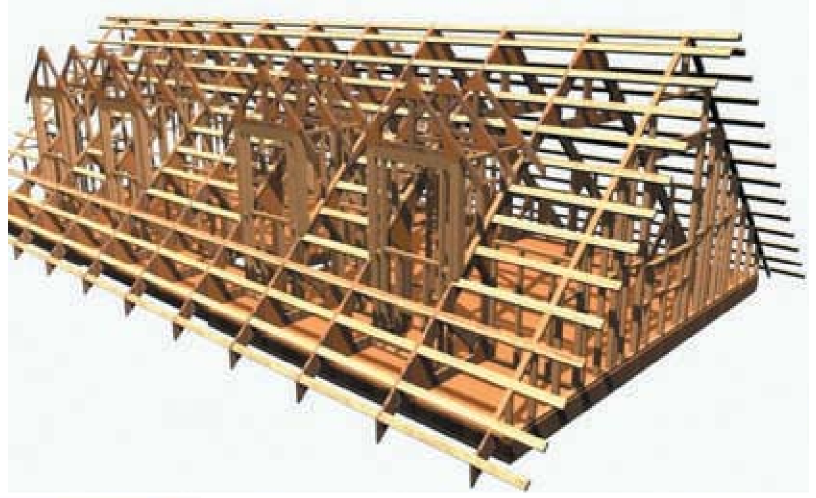






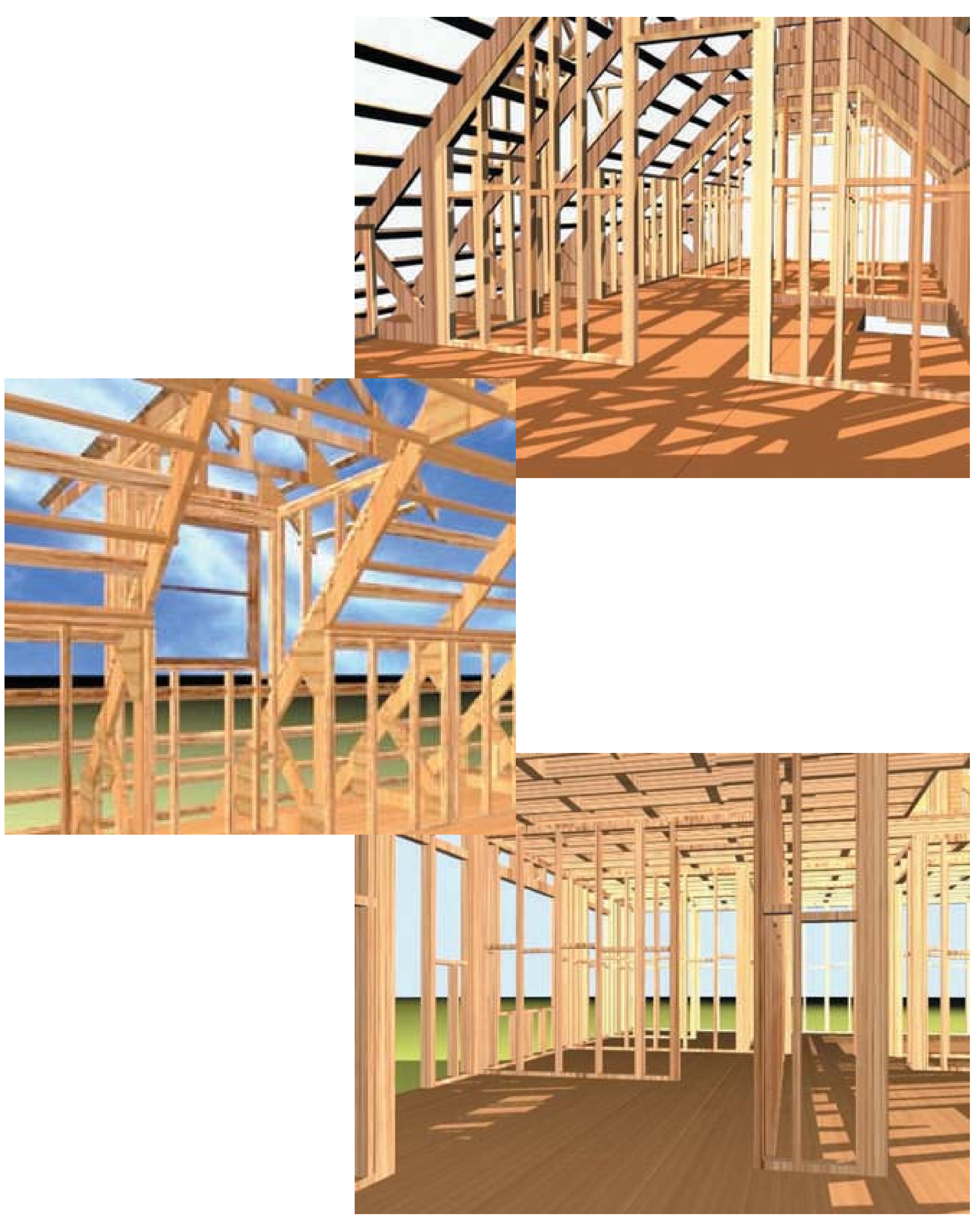
VISTAS EXTERIORES DE LA ESTRUCTURA Y
Y TECHUMBRE DE OBRA GRUESA DEL PROTOTIPO







VISTAS INTERIORES DE LA ESTRUCTURA
EN OBRA GRUESA DEL PROTOTIPO



VISTAS INTERIORES DEL SECTOR ESCALERA DEL PRIMER PISO
DE LA ESTRUCTURA EN OBRA GRUESA DEL PROTOTIPO





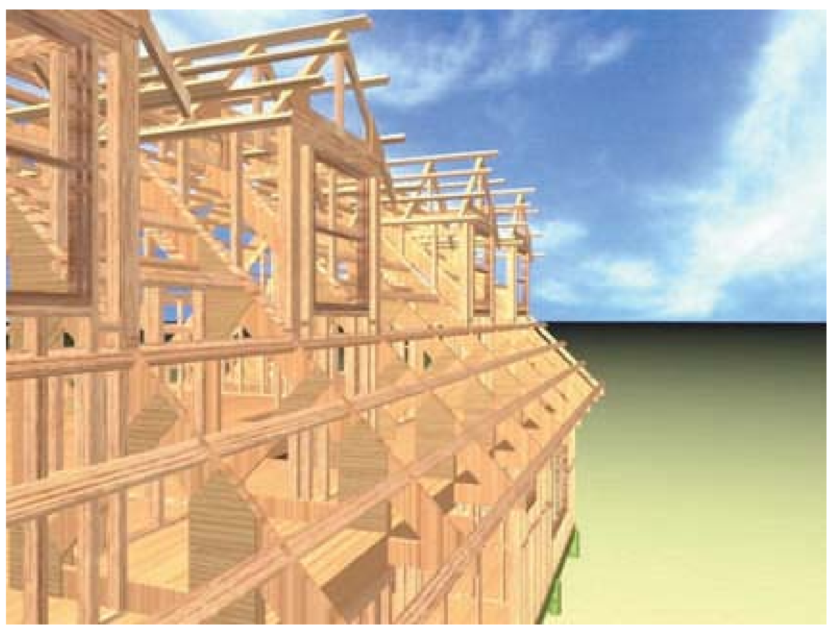
VISTAS INTERIORES DEL SEGUNDO PISO DE LA ESTRUCTURA EN OBRA GRUESA DEL PROTOTIPO



VISTAS EXTERIORES DE LA ESTRUCTURA EN OBRA GRUESA DEL PROTOTIPO



VISTAS EXTERIORES DE LA ESTRUCTURA DE TECHUMBRE
DISPOSICIÓN DE COSTANERAS Y LUCARNAS DEL PROTOTIPO



VISTAS EXTERIORES DE LA VIVIENDA
PROTOTIPO TERMINADO











Anexo VII

ANEXO VII

TABLAS DE UNIONES

NCH 1198 uniones clavadas: especificaciones de diseño y ejecución de uniones con clavos fabricados según norma NCH 1269.

ESPESORES DE MADERA PENETRACIONES MINIMAS Y CAPACIDADES ADMISIBLES DE CARGA POR SUPERFICIE DE CIZALLE DE CLAVO EN UNIONES CON MADERA DE PINO RADIATA SECA: H ≤ 19%

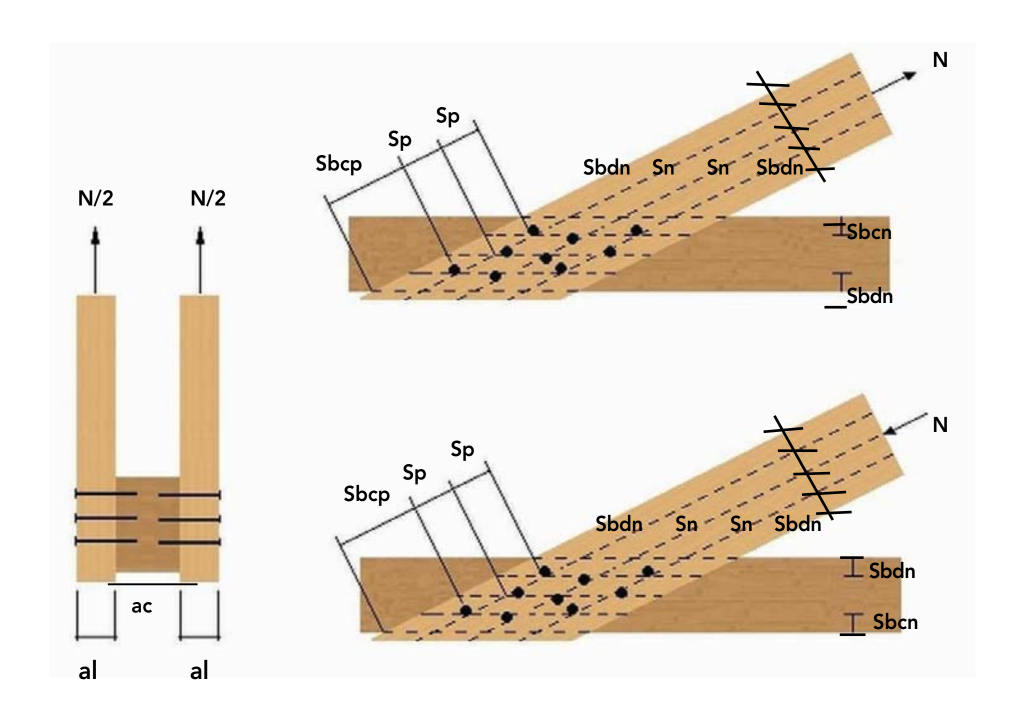
DESIGNACIÓN DEL CLAVO		ESPESOR MÍNIMO DE MADERO	PENETRACIÓN MÍNIMA DEL CLAVO				CAPACIDAD ADMISIBLE	CANTIDAD DE CLAVOS POR KILO
Tradicional	**NCh 1269**		**Cizalle simple**		**Cizalle múltiple**			
lcl	**Lcl x dcl**	**a mín**	**sm**	**smm**	**sm**	**smm**	**N1**	
Pulgadas	**mm x mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**	**N**	
2	50x2,8	20	33,6	16,8	22,4	11,2	315	362
2 1/2	65x3,1	22	37,2	18,6	24,8	12,4	367	222
3	75x3,5	25	42,0	21,0	28,0	14,0	441	145
3 1/2	90x3,9	28	46,8	23,4	31,2	15,6	519	103
4	100x4,3	31	51,6	25,8	34,4	17,2	600	66
5	125x5,1	36	61,2	30,6	40,8	20,4	775	37
6	150x5,6	40	67,2	33,6	44,8	22,4	892	24

SEPARACIONES MINIMAS ENTRE CLAVOS Y A LOS BORDES, REFERIDAS A LA DIRECCION DE LA FUERZA

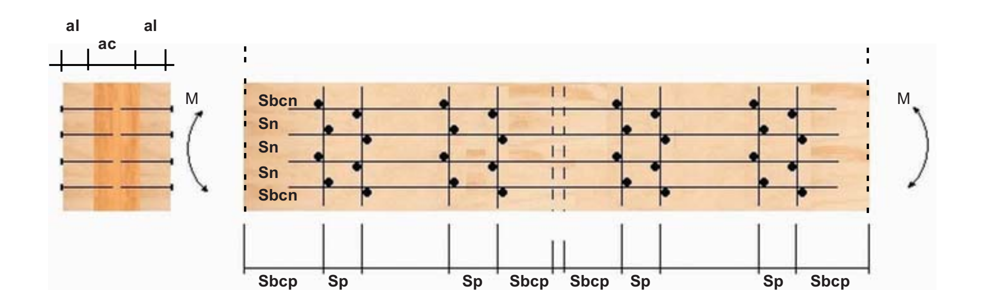
ESPACIAMIENTO MINIMO ENTRE CLAVOS			Método de hinca				
			Clavo directo (1)				**Perforación guía (2)**
			Desangulación fuerza-libra				**Para cualquier desangulación**
			0° ≤ a < 30°		**30° ≤ a < 90°**		
			Diámetro del clavo, d				**Para cualquier diámetro**
			≤ 4 mm	**> 4 mm**	**≤ 4 mm**	**> 4 mm**	
Entre sí	Paralela a la fibra	s p	10 x d	12 x d	10 x d	12 x d	5 x d
	Normal a la fibra	s n	5 x d	5 x d	5 x d	5 x d	5 x d
Al borde cargado	Paralela a la fibra	s bcp	15 x d	15 x d	15 x d	15 x d	10 x d
	Normal a la fibra	s bcn	5 x d	7 x d	7 x d	10 x d	5 x d
Al borde descargado	Paralela a la fibra	s bdp	7 x d	10 x d	7 x d	10 x d	5 x d
	Normal a la fibra	s bdn	5 x d	5 x d	5 x d	5 x d	3 x d

Notas: (1) Si durante la construcción H>25%, incrementar sp, sbcp, sbdp en un 50%.
(2) De diámetro aproximado 0,85 x d.

DESIGNACION DE ESPACIAMIENTOS

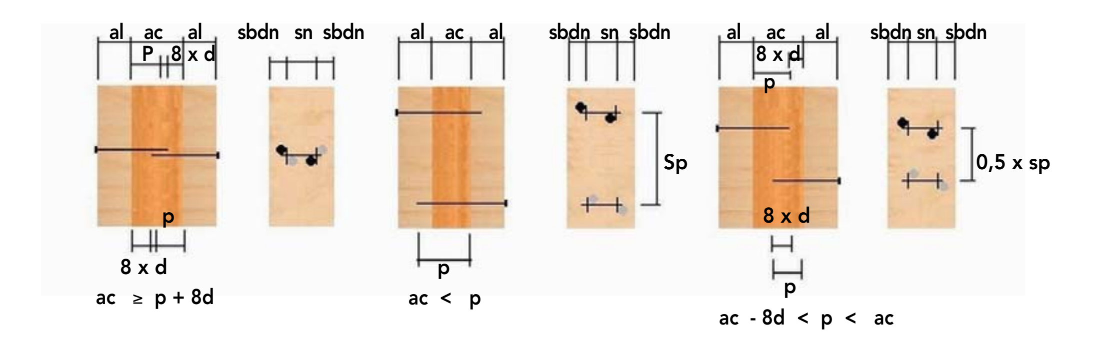


EMPALME RESISTENTE A MOMENTO FLECTOR





ESPACIAMIENTOS MINIMOS EN CLAVADO SUPERPUESTO



ESPACIAMIENTOS MINIMOS Y MAXIMOS ENTRE CLAVOS EN LOS BORDES (mm)

DESIGNACIÓN		sn y sbdn		sbcn	sp	sbdp	spcp	sp máx	sn máx
Pulgadas	**mm x mm**	**3 x d3**	**5 x d**	**7 x d**	**10 x d4**	**7 x d5**	**15 x d**	**40 x d**	**20 x d**
2	50 x 2,8	10	15	20	30	20	45	110	55
2 1⁄2	65 x 3,1	10	20	25	35	25	50	120	60
3	75 x 3,5	15	20	25	35	25	55	140	70
3 1⁄2	90 x 3,9	15	20	30	40	30	60	155	75
4	100 x 4,3	15	25	35	55	45	65	170	85
5	125 x 5,1	20	30	40	65	55	80	200	100

Penetración del clavo según espesor mínimo del madero en cizalle simple y cizalle doble

Calibre del clavo	Penetración del clavo en cizalle doble (mm)		Penetración del clavo en cizalle simple (mm)	
	Típico	**Mínimo**	**Típico**	**Mínimo**
2	34	17	23	1 2
2 1⁄2	38	19	25	1 3
3	42	21	28	1 4
3 1⁄2	47	24	32	1 6
4	52	26	35	1 8
5	62	31	41	2 1
6	68	34	45	2 3

- **Cizalle simple:** el clavo atraviesa a lo más un madero completamente
- **Cizalle doble:** el clavo atraviesa los dos maderos completamente

Espesor mínimo de la madera cepillada y el calibre del clavo a utilizar

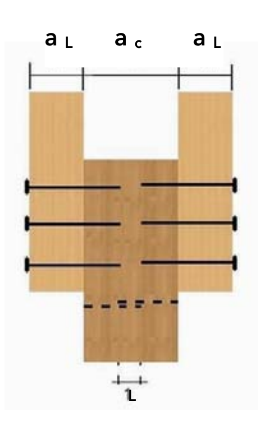
Calibre del clavo en pulgadas	L x d del clavo (mm)	Espesor mínimo de la madera cepillada (mm)	N° de clavos/kg
2	50 x 2,8	19	362
2 1⁄2	65 x 3,1	22	222
3	75 x 3,5	25	145
3 1⁄2	90 x 3,9	28	103
4	100 x 4,3	31	66
5	125 x 5,1	36	37
6	150 x 5,6	40	24

Espaciamientos mínimos

Calibre del clavo	S bp	S bn	S p	S n
2″	45	20	30	15
2 1⁄2″	50	25	35	20
3″	55	25	35	20
3 1⁄2″	60	30	40	20
4″	65	35	55	25
5″	80	40	65	30
6″	85	40	70	30

Condiciones para la repetición de un clavado idéntico desde ambos lados de una unión

Calibre del clavo	al (mm)		ac (mm)	
	Cepillada	Aserrada	Cepillada	Aserrada
2″	19	21	54	52
2 1⁄2″	33	36	57	54
3″	33	36	70	67
	41	45	62	58
4″	33	36	102	99
	41	45	94	90
5″	41	45	125	121
	53	57	113	109
	65	69	101	97
6″	41	45	154	150
	53	57	142	138
	65	69	130	126



Situación de clavado

a	al		Lmín		am
1/4"	19	21	90	92	142
	33	36	104	107	
	41	45	112	116	
	53	57	124	128	
	65	69	136	140	
5/16"	19	21	106	108	174
	33	36	120	123	
	41	45	128	132	
	53	57	140	144	
	65	69	152	156	
3/8"	19	21	124	126	210
	33	36	138	141	
	41	45	146	150	
	53	57	158	162	
	65	69	170	174	
1/2"	19	21	159	161	280
	33	36	173	176	
	41	45	181	185	
	53	57	193	197	
	65	69	205	209	
5/8"	33	36	208	211	350
	41	45	220	225	
	53	57	228	232	
	65	69	240	244	
3/4"	33	36	243	246	420
	41	45	254	258	
	53	57	263	267	
	65	69	275	280	
7/8"	41	45	286	290	490
	53	57	298	302	
	65	69	310	314	
1"	41	45	320	324	560
	53	57	333	337	
	65	69	345	349	

